ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1980 N° 49

LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE EXEMPLE D'APPLICATION EN MÉDECINE VÉTÉRINAIRE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE
DIPLÔME D'ÉTAT

présentée et soutenue publiquement en 1980
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse
par

Jean, Hubert MOURRIERAS
Né le 23 Février 1949 à NEUSTADT HAARDT (Allemagne)

Jury :

Président : M. BESSOU
Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs :
MM. CABANIE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
VAN HAVERBEKE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Élèves
E. N. V. T.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543924_0032

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1980 N° 49

LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE EXEMPLE D'APPLICATION EN MÉDECINE VÉTÉRINAIRE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE
DIPLÔME D'ÉTAT

présentée et soutenue publiquement en 1980
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse
par

Jean, Hubert MOURRIERAS
Né le 23 Février 1949 à NEUSTADT HAARDT (Allemagne)

Jury :

Président : M. BESSOU
Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs : MM. CABANIE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
VAN HAVERBEKE
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Élèves
E. N. V. T.

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur ..... **M. LAUTIE**
Directeurs honoraires ..... **M. PONS**
M. FLORIO
Professeurs Honoraires ..... **M. BRIZARD**
M. BERTHELON
M. SAURAT

PERSONNEL ENSEIGNANT

CHAIRE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE

Professeur titulaire ..... **M. GODFRAIN**
Professeur sans chaire ..... **Mme BURGAT-SACAZE**
Maître-Assistant Agrégé ..... **M. PUYT**

Pharmacie et Toxicologie

CHAIRE DE PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Professeur titulaire ..... **M. RICO**
Maître de Conférences ..... **M. BRAUN**
Maître-Assistant ..... **M. BENARD**

Physique biologique et médicale
Chimie Biologique et médicale

CHAIRE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Professeur titulaire ..... **M. PAVAUX**
Maître-Assistant ..... **M. LIGNEREUX**
Maître-Assistant ..... **M. SAUTET**

Anatomie descriptive - Extérieur
Anatomie appliquée - Tératologie

CHAIRE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE

Professeur titulaire ..... **M. RUCKEBUSCH**
Professeur sans chaire ..... **M. FARGEAS**
Maître-Assistant Agrégé ..... **M. TOUTAIN**

Physiologie - Thérapeutique et
Pharmacodynamie

CHAIRE D'HISTOLOGIE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Professeur titulaire ..... **M. VAN HAVERBEKE**
Professeur sans chaire ..... **M. CABANIE**
Maître Assistant Agrégé ..... **M. MAGNOL**

Histologie - Embryologie
Anatomie Pathologique

CHAIRE D'HYGIENE ET D'INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Professeur titulaire ..... **M. LABIE**
Maître-de Conférences ..... **M. EECHKOUTTE**
Maître-Assistant ..... **Mme BENARD**

Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie
des Denrées alimentaires d'Origine Animale

CHAIRE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES

Professeur titulaire ..... **M. DORCHIES**
Maître-Assistant ..... **M. FRANC**
Maître-Assistant ..... **M. DUCOS DE LAHITTE**

Zoologie appliquée - Parasitologie externe
Parasitologie interne - Clinique

CHAIRE DE SEMIOLOGIE ET PATHOLOGIE MEDICALE DES EQUIDES ET CARNIVORES

Professeur titulaire ..... **M. LESCURE**
Maître de Conférences ..... **M. GUELFI**

Sémiologie et Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR

Professeur titulaire ..... **M. TOURNUT**
Maître de Conférences ..... **M. BEZILLE**
Maître-Assistant ..... **M. JOUGLAR**

Sémiologie et Pathologie Médicale du Bétail
et des Animaux de Basse-Cour - Clinique
Clinique ambulatoire

CHAIRE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE

Professeur titulaire ..... **M. CAZIEUX**
Maître-Assistant Agrégé ..... **M. GENEVOIS**
Maître-Assistant ..... **M. AUTEFAGE**

Propédeutique et Sémiologie Chirurgicale
Technique Chirurgicale - Pathologie
Chirurgicale - Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Professeur titulaire ..... **M. FERNEY**
Professeur sans chaire ..... **M. ROYAL**
Maître-Assistant Agrégé ..... **M. TAINTURIER**

Sémiologie et Propédeutique - Pathologie
de la Reproduction - Obstétrique - Clinique

CHAIRE DE MALADIES CONTAGIEUSES - ZOONOSES - LEGISLATION SANITAIRE

Professeur titulaire ..... **M. CHANTAL**
Maître-Assistant ..... **M. GANIERE**

Maladies Contagieuses - Zoonoses
Législation Sanitaire

CHAIRE DE PATHOLOGIE GENERALE - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE

Professeur titugaire ..... **M. LAUTI**
Maître-Assistant Agrégé ..... **M. BODIN**
Maître-Assistant ..... **M. PELLERIN**

Microbiologie - Immunologie
Pathologie Générale

CHAIRE DE ZOOTECHNIE ET ECONOMIE RURALE

Professeur titulaire ..... **M. QUEINNEC**
Professeur sans chaire ..... **M. DARRE**
Maître-Assistant ..... **Mme QUEINNEC**

Ethnologie - Génétique appliquée
Hygiène Générale - Zootechnie - Elevage
Economie Générale et des Productions Animales

CHAIRE D'ALIMENTATION

Professeur titulaire ..... **M. FALIU**
Professeur sans chaire ..... **M. GRIESS**
Maître-Assistant Agrégé ..... **M. PARAGON**

Botanique appliquée et bromatologie
Agronomie - Alimentation

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

MM. Les Professeurs **ANGELIER, ARMENGAUD, AUVERGNAT, BLANC, BOURBON, COMBES, COMBRET, CROS, FERNET, LE BIHAN, MAZENC, RIVES**

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

A MON FRERE BERNARD

A MES PARENTS

A ANNICK

A TOUTE MA FAMILLE

A MES AMIS

En témoignage de toute mon affection.

A MONSIEUR CLAUDE TOROSSIAN

Chargé de cours
Faculté des Sciences de Toulouse-Rangueil

Sans qui ce travail n'aurait pu être réalisé.

Profonde reconnaissance pour ses encouragements, son soutien et l'enthousiasme qu'il a su nous faire partager.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur BESSOU
de la Faculté de Médecine de Toulouse-Rangueil

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la
présidence de notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THESE

Monsieur le Professeur CABANIE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui a bien voulu accepter le sujet de notre thèse.

Qu'il trouve ici l'expression de notre plus vive gratitude.

Monsieur le Professeur VAN HAVERBEKE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

En remerciement de l'accueil bienveillant qu'il nous a toujours réservé.

Hommage respectueux.

PLAN

- Introduction.

- Première partie : LE MATERIEL.

I. L'appareil photographique.

1° - L'objectif.

a. Les aberrations de l'objectif.
b. Caractéristiques d'un objectif.
c. Les différents types d'objectifs.

2° - L'obturateur.

a. L'obturateur focal.
b. L'obturateur central.
c. L'obturateur électronique.

3° - Le diaphragme.

4° - Un type d'appareil photographique : Reflex mono-objectif 24 x 36 TTL.

a. Le format négatif 24 mm x 36 mm.
b. La visée reflex.
c. L'interchangeabilité des objectifs.
d. Le système TTL.

5° - Comment régler l'appareil photographique.

a. réglage de la mise au point.
b. réglage de l'exposition.

II. Les filtres.

1° - Filtres utilisables avec les émulsions noir et blanc ou couleur.

a. Filtres anti U.V.
b. Filtres polarisants.
c. Filtres neutres.

2° - Filtres en photographie noir et blanc.

3° - Filtres en photographie couleur.

III. Les sources de lumière.

1° - Généralités sur la lumière.

a. Etude qualitative de la lumière. Notion de température de couleur.
b. Etude quantitative de la lumière.

2°- La lumière solaire.

3°- La lumière artificielle.

a. Les lampes à incandescence.
b. Les lampes éclairs.
c. Les lampes à décharge.

IV. Les émulsions photographiques.

1°- Les émulsions noir et blanc.

2°- Les émulsions couleur.

a. Les émulsions négatives.
b. Les émulsions inversibles ou diapositives.

Deuxième partie : TECHNIQUES DE LA PHOTO SCIENTIFIQUE.

I. Photographie générale.

- Notions générales.
- Les objectifs.
- L'éclairage.
- La préparation du sujet.

II. Photomacrographie.

1°- Matériel spécial de photomacrographie.

a. Les bagues allonges
b. Les soufflets allonges.
c. Les objectifs macro.
d. Les objectifs "auto-bellows".
e. Le choix de l'objectif.

2°- Les problèmes particuliers.

a. L'éclairage.
b. Grossissement et temps de pose.

III. La photomicrographie.

1°- Le matériel.

a. Le microscope.
- Le condenseur.
- Les objectifs et les oculaires.

b. L'éclairage.

2°- Réalisation pratique de la photomicrographie.

a. L'adaptation de l'appareil photographique.
b. Réglage de l'éclairage.
c. La préparation.

3°- Techniques complémentaires.

- Microscopie sur fond noir.
- Illumination colorée différentielle de Rheinberg.

z Troisième partie : EXEMPLES D'APPLICATIONS EN MEDECINE VETERINAIRE.

z Bibliographie.

z Iconographie.

-:-:-:-:-

INTRODUCTION

Dans le domaine médical et plus particulièrement vétérinaire, la photographie n'a pas connu l'essor qu'elle méritait. Pourquoi ?

- D'une part le manque de connaissances de base laisse à penser que la technique est difficile ;
- d'autre part beaucoup de gens pensent que de bons résultats nécessitent un matériel sophistiqué et onéreux ;
- et enfin les premiers essais, toujours décevants, rebutent les meilleures volontés.

Notre travail consiste à étudier, dans une première partie, les éléments constitutifs du matériel photographique et à comprendre les mécanismes entrant en jeu.
L'utilisation raisonnée de ces données nous amènera à étudier, dans une deuxième partie, les techniques particulières de la photographie scientifique.
Dans une troisième partie, nous les illustreront avec quelques exemples réalisés dans le domaine vétérinaire.

La photographie peut être un auxiliaire précieux :

- pour le chercheur lors de l'illustration de ses travaux (surtout en microscopie) ;
- pour le praticien elle peut permettre de suivre, de façon objective, l'évolution de processus lents (tumeurs, affections cutanées) ou de cas chirurgicaux (pré et post-opératoires) ;
- de conserver l'image de cas rares, ou particuliers, qui pourront servir ultérieurement de référence ou de comparaison ;
- d'accompagner des prélèvements, lors d'examens complémentaires (bactériologiques, histologiques, parasitologiques), à titre de commémoratifs.

Dans l'enseignement vétérinaire, la photographie peut être appliqué très largement dans l'illustration des cours et des techniques.

L'utilisation de diaporama, parallèlement à celle de l'image mobile (cinéma et vidéo), tend à connaître un essor important dans l'information pos universitaire car elle correspond aux exigences de cette discipline : apporter dans un même temps un maximum d'informations de façon claire, concise et facilement mémorisable.

-:-:-:-:-:-

Première partie

LE MATERIEL

-:-:-

I. L'APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE

Quel que soit son degré de complexité, l'appareil photographique est dérivé de la "camera obscura". Cette simple boîte noire était munie d'un petit trou ou sténopé à sa face antérieure et d'un dépoli à sa face postérieure sur lequel on pouvait voir une image inversée du monde environnant.

Le sténopé est remplacé par l'objectif, le dépoli par la surface sensible. La quantité de lumière admise dans l'appareil est contrôlée par le diaphragme et l'obturateur.

1°- L'objectif.

Son rôle est de fournir une image plus ou moins grande du sujet à photographier. De formule optique complexe, nous l'assimilerons à une lentille unique pour la clarté de l'exposé.

a. Les aberrations de l'objectif [8].

α L'aberration chromatique.

La lentille agit comme un prisme et sépare, par réfraction, les radiations monochromatiques dont l'ensemble constitue la lumière blanche. Il en résulte (voir fig. n° 1) que l'image obtenue n'est pas dans un plan mais dans une succession de plans distincts d'où une image floue.

Pour corriger cette aberration on met en coincidence les images de deux raies définies :

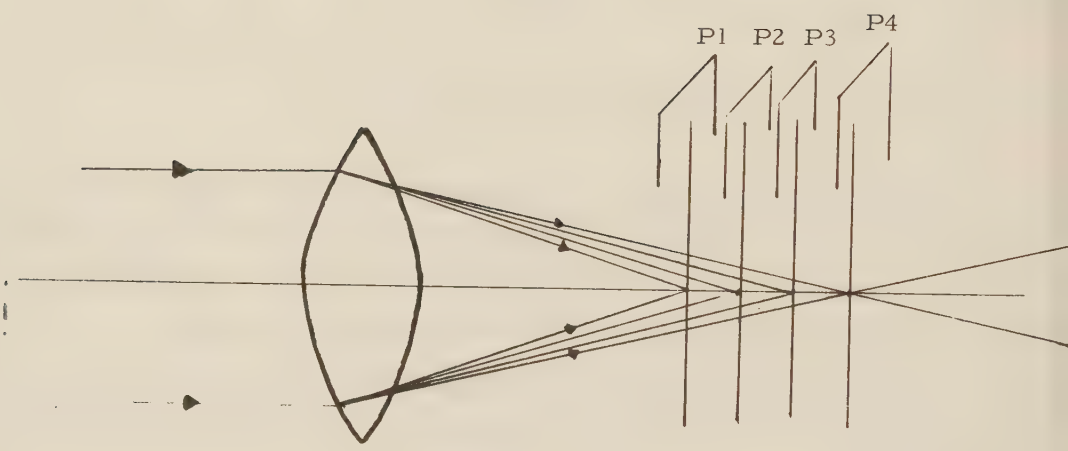


Fig. n°1 : Représentation de l'aberration chromatique
d'une lentille convergente
(d'après TOROSSIAN)

- la raie D du spectre 5 893 Å (jaune, jaune vert) ;
- la raie G du spectre 4 340 Å (bleu, bleu violet).

n objectif ainsi corrigé est dit achromatique.

En conséquence, cette aberration n'étant corrigée que pour la lumière sible, il faut opérer empiriquement pour la lumière infra-rouge (I. R.), sauf dications spéciales portées sur la monture de l'objectif (repère rouge avec arfois les lettres I. R.).

Le problème reste le même en lumière ultra-violette (U. V.). Il disaraît totalement par l'utilisation d'une lumière monochromatique.

z L'aberration de sphéricité axiale.

Cette aberration est due à la courbure sphérique des lentilles. Les ayons marginaux sont beaucoup plus réfractés que les rayons centraux et ils convergent donc pas en un point unique. Cette aberration est d'autant plus nportante que la lentille est de plus grand diamètre, c'est-à-dire de plus rande ouverture. Le diaphragme en supprimant les rayons marginaux supime, en partie, les effets de cette aberration.

La correction de cette aberration est réalisée en modifiant la courre des lentilles et en utilisant la partie centrale des objectifs. De tels obctifs sont dit aplanétiques.

Application pratique : la déviation variant beaucoup avec la distance ntille-sujet, il n'est pas possible de corriger complètement un objectif pour utes les distances de l'infini à quelques millimètres. D'où l'existence d'obctifs spécialisés en fonction de la distance corrigée :

- objectifs d'aviation travaillant à l'infini ;
- objectifs de portraits travaillant de un à trois mètres ;
- objectifs macrophotographiques travaillant à quelques entimètres.

Il existe de nombreuses autres aberrations ayant des conséquences atiques moindres :

- l'aberration d'astigmatisme se manifeste dans les faisceaux obliques ;

- la coma ou aberration de sphéricité transverse augmente avec la sphéricité des lentilles et est responsable de la perte de netteté des objectifs à grande ouverture ;

- la courbure de champ : l'image est normalement contenue dans un champ courbe, d'où une perte de définition sur les bords de l'image ;

- les distorsions : ces distorsions n'affectent pas le pouvoir séparateur (netteté), mais surtout la forme des lignes. On obtient ainsi, d'un carré, des images en coussinet ou en barillet (voir fig. n°2). Ces distorsions sont très courantes sur les zooms et les téléobjectifs ;

- la qualité d'un objectif dépend aussi de la perte de lumière dans la traversée des différentes lentilles constituantes.

Les pertes par absorption sont tenues pour négligeables (0,5 à 1 % par centimètre de verre traversé).

Les pertes par réflexion sont énormes : 4 % par surface air-verre (soit 40 % pour un objectif à 5 lentilles), mais ces pertes ont pu être réduites de près de 90 % par des traitements anti-reflets efficaces.

b. Caractéristiques d'un objectif. [8].

Un objectif est caractérisé par un certain nombre de paramètres dont les plus importants sont :

- la distance focale : c'est la distance, exprimée en millimètres, qui sépare le centre optique de l'objectif du plan focal image ;

- l'ouverture relative : c'est le rapport distance focale sur le diamètre des lentilles ;

- le format couvert : c'est le format utile projeté sans distorsions importantes ;

- l'angle de champ : c'est l'angle sous lequel l'objectif voit le sujet photographié ;

- la formule optique : c'est le nombre et la disposition des lentilles ;

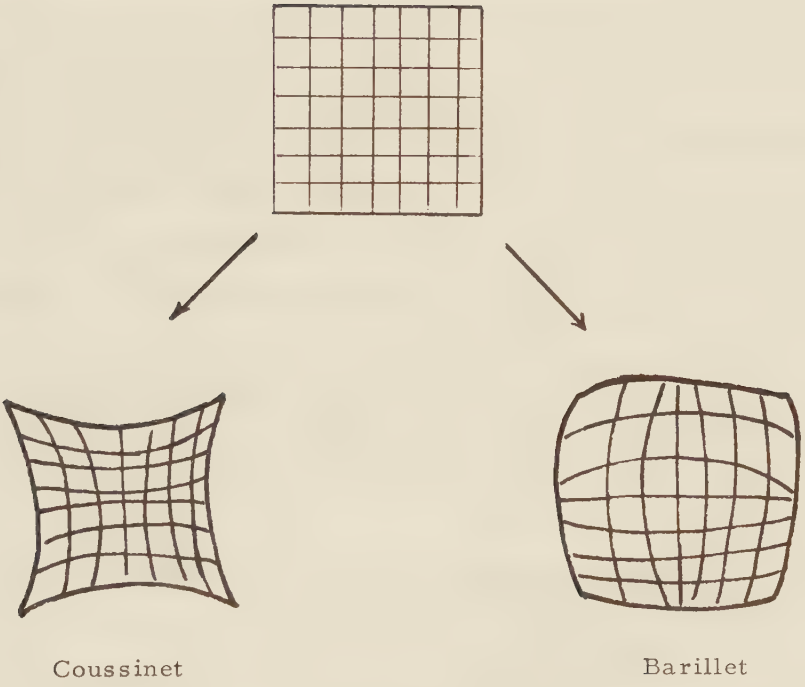


Fig. n°2 : Images de distorsion obtenues à partir d'un carré.

- le pouvoir séparateur (ou piqué) : c'est l'aptitude de l'objectif à séparer deux points voisins. On l'exprime souvent en traits parallèles séparés, par millimètre :

50 - 60 traits/mm = objectif moyen ;
100 - 130 traits/mm = objectif remarquable ;

- le contraste : c'est le pouvoir de l'objectif de bien séparer les différentes teintes du sujet. On l'associe souvent avec le pouvoir séparateur

- le cercle de diffusion ou facteur de netteté. En pratique il est nécessaire de définir un critère à partir duquel une image peut être qualifiée de nette. Ce cercle de diffusion varie avec la surface négative utilisée. Pour un négatif 24 x 36 (24 mm x 36 mm) on admet, en général, qu'une image est nette lorsque l'image d'un point est au plus égale, sur le négatif direct, à un cercle de 1/30e de mm de diamètre ;

- la transparence spectrale ou rendu des couleurs : elle dépend de la formule optique et des verres utilisés. Elle se traduit sur les photos couleur par des teintes chaudes ou froides (1) et parfois des dominantes colorées bleues (téléobjectifs) ou jaunes.

c. Les différents types d'objectifs.

z Objectifs habituels :

. Objectif dit normal : L'objectif est dit normal lorsque sa distance focale est très voisine de la diagonale du format couvert. L'objectif normal peut être défini par son angle de champ, identique à l'angle de champ de l'œil soit 45°-50° en moyenne.
Pour le format couvert dont nous parlerons le plus souvent, 24 x 36, la distance focale d'un objectif normal est de 45 mm.

. Objectifs grand angulaire. Ils ont alors un angle de champ plus ouvert et une distance focale inférieure à 45 mm.

(1) Les teintes chaudes sont riches en rayons rouges, orangés ou jaune-vert. Dans les teintes froides dominent les rayons violets, bleus ou bleu-vert.

. Les objectifs longues focales ont alors une distance focale très supérieure à 45 mm pour un angle de champ très faible.

z Objectifs spéciaux.

Ils regroupent de nombreuses variétés d'objectifs. Certains, tels les objectifs "fish eye", ultra grand angle,zooms, ou catadioptriques ont peu d'intérêt dans le domaine médical. Par contre, il nous faut citer les objectifs à très long tirage qui permettent de photographier de l'infini à quelques centimètres. On peut ainsi aborder la photographie courante et la photomacrographie à faible rapport avec le même objectif.

Les macrozooms, objectifs "macro" à focale variable présenteraient de nombreux avantages, mais leur faible luminosité et leurs qualités optiques médiocres limitent encore beaucoup leurs emplois.

Les objectifs spéciaux pour la photomacrographie et la photomicrographie seront analysés aux chapitres correspondants.

2°- L'obturateur. [8].

C'est un système mécanique ou électronique, destiné à limiter le temps pendant lequel la lumière ira impressionner la surface sensible.

L'obturateur peut être placé au centre de l'objectif à côté du diaphragme : obturateur central, ou au niveau du plan focal en avant de la surface sensible : obturateur focal ou à rideaux.

a. L'obturateur focal.

Deux rideaux,généralement en tissu,délimitent une fente de largeur variable, cette fente balaie toute la surface sensible. Le balayage s'opère à vitesse uniforme. Les différents temps de pose s'obtiennent en variant la largeur de la fente.

L'inconvénient majeur apparaît lors de l'utilisation d'un flash. Pour celui-ci la surface sensible doit être entièrement dévoilée, d'où un temps de

pose (1) maximum très faible, de l'ordre de 1/60e de seconde.
Cette faible vitesse de synchronisation du flash ne permet pas son utilisation en pleine lumière, car il apparaîtrait une image supplémentaire et parasite sur le négatif.

b. L'obturateur central.

Le seul type utilisé à l'heure actuelle est un système à lames métalliques qui s'ouvrent et se referment sous l'action d'un ressort.

Les temps de pose sont moins fiables dans leurs durées réelles que pour l'obturateur focal. Mais, de par sa place au centre optique de l'objectif, la synchronisation du flash est réalisée pour toutes les vitesses.

c. L'obturateur électronique.

C'est un nouveau type d'obturateur focal dont la fermeture est commandée par électro-aimant, il oblige l'asservissement à une source de courant continu pour alimenter le système.

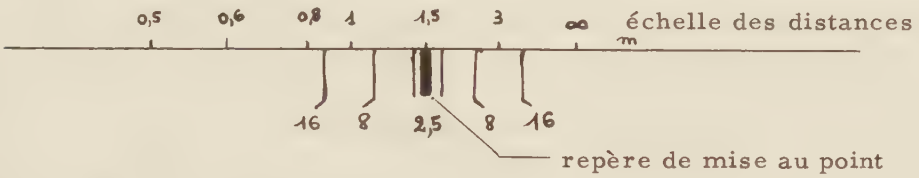
3°- Le diaphragme.

C'est un système de fermeture progressive de l'objectif. Le diaphragme à iris est gradué en une progression de raison $\sqrt{2}$. D'une valeur à la suivante la quantité de lumière passe du simple au double, ou diminue dans la même proportion.

Le diaphragme détermine en grande partie la profondeur de champ de l'image (ou l'intervalle de netteté qui sépare les plans extrêmes du sujet photographié). Pour de grandes ouvertures de diaphragme (f : 2,8) la profondeur de champ est très faible ; elle est maximum avec les plus petits diaphragmes (f : 22). Elle est en général inscrite sur l'objectif au niveau de la bague des distances.

(1) On parle souvent de vitesse d'obturation.

Voici par exemple les inscriptions d'un objectif 2,5 de 35 mm.



oit pour une mise au point à 1,5 m :

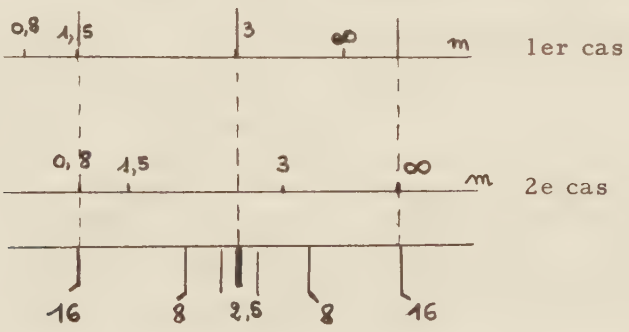
une image nette à 1,5 m pour une ouverture de 2,5 ;

une image nette de 1,10 m à 1,80 m pour une ouverture de 8 ;

une image nette de 0,90 m à 3,50 m pour une ouverture de 16.

Chaque objectif est caractérisé par son hyper-focale. C'est une dis-ance privilégiée, caractéristique de la distance focale et du diaphragme, qui tilise au mieux la profondeur de champ. La connaissance de cette distance ermet de mieux régler l'appareil photographique.

Ainsi, avec l'objectif pris comme exemple, on peut régler l'appareil e deux façons différentes pour photographier un sujet à 3 m :



- 1er cas : réglage normal, sujet à 3 m.

'image est nette de 1,5 m à l'infini (pour f/16)

- 2e cas : réglage de la position ∞ sur le repère de l'ouverture inimum 16. Comme précédemment l'image est nette à 3 m, mais la profon-eur de champ est plus grande de 0,8 m à l'infini (pour f/16).

La profondeur de champ varie aussi en fonction de la distance focale de l'objectif et de la distance objectif-sujet. Elle est toujours faible pour les objectifs à grande distance focale (téléobjectif) et quand la distance de travail est faible (photomacrographie).

Comme nous l'avons vu au paragraphe des aberrations, le diaphragme diminue l'aberration stigmatique. Le pouvoir résolvant lui, diminue avec les petites ouvertures, il en résulte une utilisation optimum des objectifs pour des ouvertures de f/8 ou f/11 (voir fig. n°3.et 4).

Connaissant les différents éléments constitutifs d'un appareil, il nous reste à faire le choix de ce dernier. Nous ne pourrons pas envisager dans ce chapitre l'étude de tous les appareils. Nous nous bornerons donc à l'étude d'un seul type d'appareil ; les quelques comparaisons avec un matériel autre ne servant qu'à justifier notre choix.

4°- Un type d'appareil photographique : Reflex mono-objectif 24 x 36 TTL.

Ce type d'appareil présente de nombreux avantages (voir fig. n°5).

a. Le format négatif 24 mm x 36 mm.

Comparé aux moyens formats (6 x 6 et 6 x 9 cm) ou aux formats plus grands, il reste discutable car on ne peut espérer de bons clichés d'un format très supérieur à 24 x 30 cm. Néanmoins ceci reste compatible avec les exigences d'une publication ou d'une projection. Le coût des pellicules est relativement faible et le choix de celles-ci très important.

Les pellicules 20 ou 36 poses permettent de surcroît des prises de vue en série, offrant le choix entre plusieurs clichés d'un même sujet.

Ce format permet l'obtention directe de diapositives. Celles-ci pourront être exploitées par un grand nombre de personnes car leur format est le plus courant (1).

(1) C'est le cas des diapositives distribuées par la photothèque du S. N. V. P. A. dans le cadre de l'information permanente.

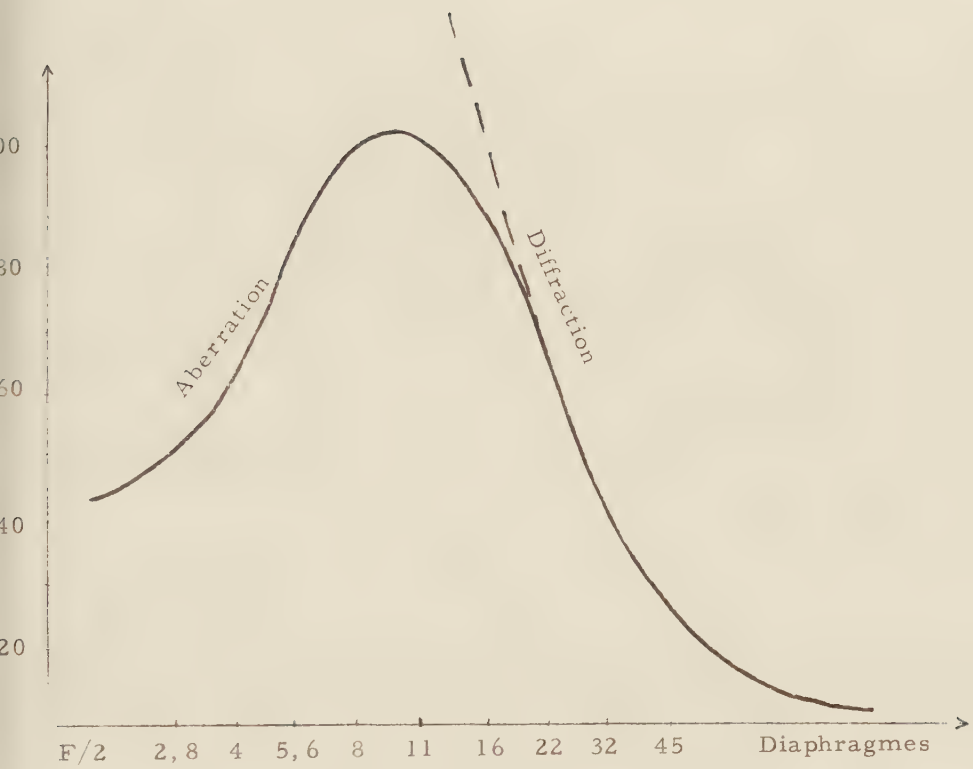


Fig. n°3 : Variation du pouvoir résolvant en fonction de l'ouverture relative.

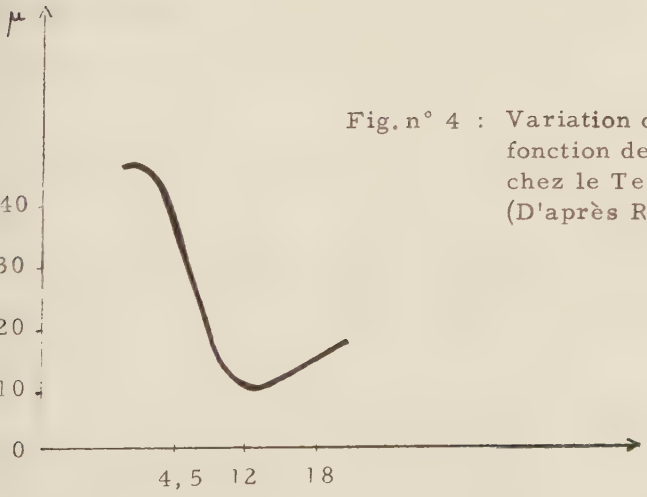
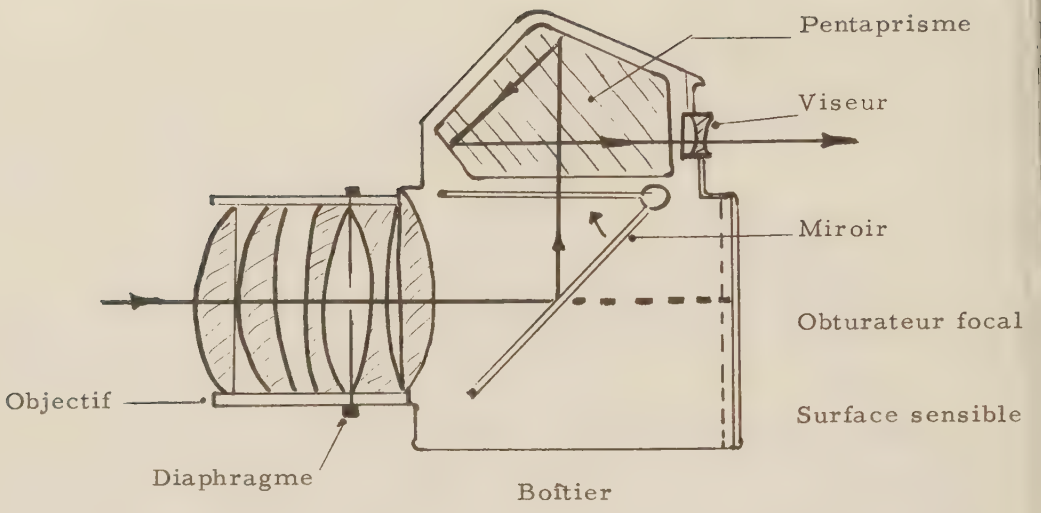
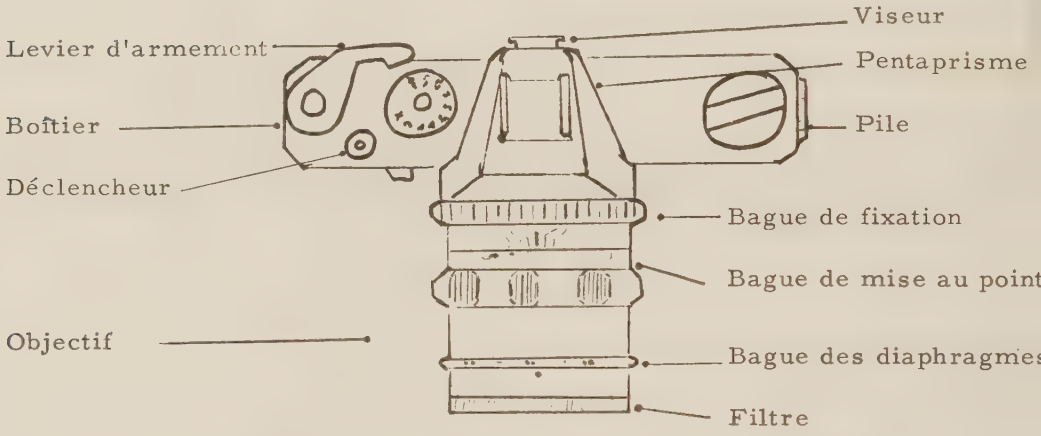


Fig. n° 4 : Variation du cercle de diffusion en fonction de l'ouverture du diaphragme chez le Tessar Zeiss.
(D'après RECHMAJERIN Andreani)





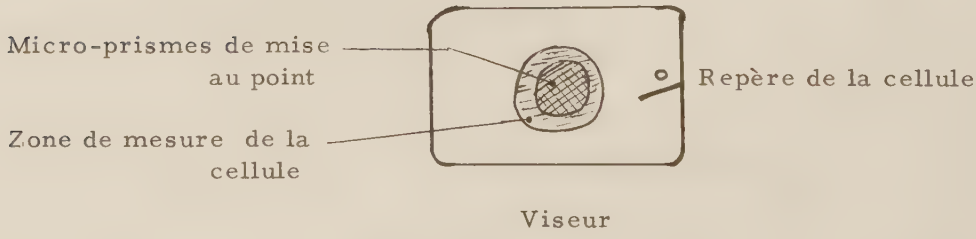


Fig. n°5 : Vue schématique d'un appareil réflex mono-objectif 24 x 3

Les appareils 24 x 36 étant très répandus, le vétérinaire praticien era un investissement unique dans un matériel à usage à la fois professionnel t familial. Il disposera d'un très grand choix d'appareils, chaque marque résentant un véritable "système" pour toutes les applications médicales et cientifiques (adaptateurs pour microscope, endoscope, ect....). La grande oncurrence rend de plus le prix relativement abordable (par rapport aux moens formats surtout).

Les qualités de l'appareil tiennent aussi à :

b. La visée reflex : elle supprime l'erreur de parallaxe.

c. L'interchangeabilité des objectifs qui, liée à la visée reflex ermet d'aborder directement la photomacrographie par l'adaptation de bagues llonges ou d'un soufflet et ceci d'autant plus facilement que les progrés de électronique permettent la mesure de la luminosité à travers l'objectif : ystème TTL (through the lens) des japonais.

d. Le système TTL [8].

Pour la réalisation d'un bon cliché, on doit faire une appréciation xacte de la quantité de lumière reçue par le sujet. Celle-ci est réalisée râce à un posemètre. Les premiers posemètres étaient indépendants de appareil, on a de plus en plus tendance à les intégrer à celui-ci.

Le système TTL consiste en une ou plusieurs cellules qui mesurent lumière qui traverse l'objectif, c'est-à-dire qu'elles intègrent au niveau e la visée reflex toutes les variations de temps de pose dues à l'interposion de bagues allonges, soufflets ou filtres. Ainsi se trouve grandement mplifiée la détermination de l'exposition en photomacrographie et photomirographie.

Les systèmes TTL varient par la nature des cellules et par les types e mesures.

Nature de la cellule.

. Photorésistance au sulfure de cadmium (CdS).

Les éléments CdS ont une résistance variable en fonction de l'éclaire ment. Placés dans un circuit électrique (mini-pile de 1,3 à 2 volts) l'intensit du courant varie en fonction de l'éclairement.

La sensibilité est exceptionnelle aux faibles éclairements et maximu dans le jaune verdâtre, mais il existe une certaine mémoire (il faut attendre quelques minutes entre une mesure en lumière forte et une mesure en lumière faible). On a donc doppé le CdS pour faire baisser cette mémorisation.

. Posemètre au silicium.

Excité par la lumière, le silicium crée un courant très faible qu'il suffit d'amplifier. Ces cellules ont une grande vitesse de réponse et ne préser tent pas de mémoire. Leur sensibilité est plus grande en infra-rouge.

De nouvelles cellules apparaissent aujourd'hui sur le marché. Elles sont à base d'arseniure de gallium, phosphoarseniure de gallium ou phosphure de gallium, produits qui demandent une amplification plus faible mais qui sont un peu moins sensibles en lumière faible que le silicium.

Mais quelle que soit la nature de la cellule de l'appareil, il est très important de bien connaître le type de mesure de celle-ci.

Les types de mesures.

. La mesure intégrale (ou globale).

La mesure est faite sur tout le dépoli de l'appareil. Sur certains appareils, on a privilégié la zone des deux tiers inférieurs qui n'est générale ment pas celle du ciel en photographie courante.

. La mesure spot.

La mesure est limitée à quelques millimètres au centre du verre dépoli.

. La mesure à prédominance centrale.

Elle a lieu sur une aire centrale de 1 à 2 cm^2. C'est un compromis ntre les deux types de mesures précédents.

. La mesure au niveau du négatif.

Elle est apparue tout récemment sur quelques appareils (Olympus M2), elle permet d'intégrer une variation brusque de la luminosité au mo- ıent du déclenchement.

Chaque type de mesure présente des inconvénients. La connaissance u type de celle de notre appareil sera utile afin de pouvoir pallier ses défauts, ıais elle n'aura pas été un critère décisif dans notre choix. Le plus important tant un appareil possédant une cellule très sensible, pouvant mesurer des emps de pose de l'ordre de 5 à 6 secondes, ce qui sera grandement apprécia- le dans des conditions de faible luminosité (ce qui est malheureusement très ourant). Ces dernières modifiant beaucoup le mode d'emploi de l'appareil hotographique.

5°- Comment régler l'appareil photographique.

a. Réglage de la mise au point.

Celui-ci est facilité par l'existence d'un télémètre, la bonne distance orrespondant dans le viseur à la disparition de microprismes centraux ou à ı coincidence de deux images décalées (1). Mais nous avons vu que le réglage eut être quelque peu différent si on veut profiter au mieux de l'hyperfocale et e la profondeur de champ, cette dernière dépendant aussi du réglage de l'ex- osition.

b. Réglage de l'exposition.

On doit agir à la fois sur le diaphragme et sur la vitesse d'obturation.

Soient les échelles respectives de ces deux données :

) Sur certains modèles (Canon F1, Nikon F1) les verres de visée sont inter- changeables, permettant de mieux adapter l'appareil à des usages particuliers.

1	1/2	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500	1/1000
1,1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32

la cellule de l'appareil nous donne directement un couple 1/125 à f/11 par exemple.

Dans chaque échelle, d'une graduation à la suivante, la quantité de lumière est multipliée ou divisée par deux ; ce qui nous donne les équivalences suivantes :

1/125 - f/11
1/250 - f/8
1/500 - f/5,6
1/60 - f/16

Notre choix sera dicté par le sujet à photographier. Un sujet en mouvement nous obligera à choisir une vitesse rapide, au détriment de la profondeur de champ (grande ouverture). Pour un sujet immobile, on pourra augmenter la profondeur de champ en choisissant un grand diaphragme (petite ouverture), mais la vitesse sera évidemment toujours assez faible.

La correspondance des échelles de vitesse et de diaphragme porte le nom de loi de réciprocité. Cette loi n'est cependant plus valable pour des vitesses inférieures à 1 seconde, ou des vitesses supérieures à 1/1000e de seconde (lors de l'utilisation des flashes électroniques, la durée de l'éclair peut atteindre 1/50 000e de seconde).

Dans ces conditions apparaît l'effet Schwarzchild, qui est spécifique de chaque émulsion, d'où les corrections.

Par exemple, dans la pratique, nous avons utilisé les corrections suivantes pour les films noir et blanc "Agfa professionnel (25 et 50 ASA)":

Temps donné par la cellule (en secondes)	Temps utilisé sans variation du diaphragme (en secondes)
1,0	1,5
1,5	3,0
4,0	8,5
8,0	19,0
15,0	43,0
30,0	85,0
60,0	210,0
120,0	510,0

Les fabricants donnent les corrections pour chaque émulsion. De ar leur nature plus complexe, les pellicules couleur demandent de surcroît es corrections de filtrage, les filtres ayant par ailleurs une utilisation eaucoup plus générale.

II. LES FILTRES

Leur rôle est de modifier la nature de l'image d'un sujet, de façon ue le photographe puisse en prendre un cliché dans les meilleures conditions ossibles.

Mises à part quelques exceptions, les filtres sont très différents si on considère la photographie noir et blanc ou la photographie couleur.

1°- Filtres utilisables avec les émulsions noir et blanc ou couleur.

a. Filtres anti U.V.

En raison de la sensibilité des émulsions ordinaires aux ultra-violets U.V.), on aura toujours intérêt, en photographie générale, à utiliser un filtre

les supprimant (1). Ce filtre aura aussi pour rôle de protéger la lentille frontale de l'objectif.

b. Les filtres polarisants.

Ils suppriment les reflets provoqués par la lumière polarisée, leur intérêt est très limité.

c. Les filtres neutres.

Ils permettent de réduire l'intensité lumineuse dans une proportion précise et connue. Leur effet est identique à la fermeture du diaphragme, mais ils n'ont aucune influence sur la profondeur de champ qui est alors constante.

2°- Les filtres en photographie noir et blanc [4].

Nous ne parlerons pas des différentes formes de filtres (filtres liquides filtres solides, verre, gélatine, ect....) mais de leurs effets.

La sensation colorée possède trois attributs : la teinte, la pureté et l'intensité.

. La sensation colorée est identifiée à une teinte que nous avons l'habitude d'appeler rouge, jaune, vert, bleu .... qui est caractérisée par une longueur d'onde (λ) dominante.

. Cette teinte est plus ou moins lavée de blanc (pureté).

. La sensation est plus ou moins intense (intensité).

Les deux premiers attributs, équivalant à la qualité de la teinte, ne sont pas transmissibles en noir et blanc (2). On ne pourra donc traduire une couleur que par une plage grise, d'éclat proportionnel à l'intensité de la sensation colorée. On utilise à cet effet des émulsions ayant une sensibilité voisine de celle de l'œil.

(1) Pour la photo noir et blanc filtre type U.V.
Pour la photo couleur : Wratten I A (Skylight) Gevaert U.V.1 et U.V.2
Ansco U.V.5, U.V.2 et U.V.3

(2) On peut tenir compte du principe qui veut que l'œil exige une transposition en valeurs claires des couleurs chaudes (rouge orangé, jaune, vert) et en valeurs sombres des couleurs froides (violet, bleu, bleu-vert).

L'acuité visuelle étant maximum dans le jaune verdâtre, on aura intérêt, dans la mesure du possible, à utiliser un filtre vert (photo micrographie) ou un filtre jaune qui fait ressortir les contrastes (photographie générale).

En règle simple, sur un positif, un filtre éclaircit sa couleur et assombrit sa couleur complémentaire.

Voici par exemple les filtres les plus utilisés pour obtenir la traduction la plus foncée d'une teinte déterminée :

Teinte	Couleur du filtre	Filtres Wratten
bleu outremer	rouge	25 A
bleu cyané	rouge foncé	29 F
vert	rouge foncé	29 F
jaune	bleu violet	50 L
orangé	bleu très sélectif	49 C4
rouge vermillon	bleu	47 C5
pourpres carmins ou violacés	vert sélectif ou très sélectif	61 N 74

Applications :

- Objet monochromatique.

. 1er cas : l'objet présente une gamme de couleurs claires, comprise entre le blanc et la couleur pure. Il faut utiliser le filtre absorbant au mieux cette couleur (voir tableau précédent).

. 2e cas : le sujet présente une gamme de nuances foncées comprise entre la couleur grise et le noir. On a intérêt à utiliser un filtre de même couleur mais très sélectif.

. 3e cas : le sujet présente à la fois des teintes claires et des teintes foncées. On a simultanément le 1er et le 2e cas, mais on ne peut

utiliser à la fois un filtre et son complémentaire.

Dans le tableau on constate que les filtres sont répartis suivant trois couleurs : bleu, vert, rouge. En général le mieux adapté sera celui non utilisé dans les deux premiers cas.
Ainsi, pour un sujet bleu, le maximum de contraste aura lieu avec un filtre rouge, le maximum de détail avec un filtre bleu et dans le cas qui nous intéresse on utilisera un filtre vert.

- Objet polychrome.

Parfois le sujet présente exclusivement des contrastes de couleurs (ce cas est fréquent en photomicrographie). La traduction de chaque couleur par une densité correspondante à son intensité visuelle peut conduire à la confusion de deux nuances contiguës, faisant ainsi disparaître presque complètement le contour du détail à reproduire. Dans ce cas il n'y a pas de régle absolue. On cherchera par essais successifs, en tenant compte des teintes de l'objet et du résultat à obtenir (exemple planche IV).

En photomicrographie on a souvent un sujet de teinte neutre. On aura alors intérêt à utiliser une lumière monochromatique qui augmente la définition du sujet par baisse des aberrations de sphéricité et accroissement du contraste.

Ces lumières monochromatiques peuvent être obtenues à partir de sources spéciales très onéreuses, ou plus avantageusement grâce à une lumière blanche correctement filtrée par des filtres Wratten.

3°- Les filtres en photographie couleur.

Ils ont pour rôle : - soit d'équilibrer, en l'augmentant ou en l'abaissant la température de couleur de la source (1) avec celle de la surface sensible : ce sont les filtres compensateurs d'éclairage (ou correcteurs de lumière);

- soit de corriger les défauts de la composition

(1) Cette notion de température de couleur sera précisée au chapitre relatif à la lumière.

spectrale de la lumière : ce sont les filtres correcteurs de couleur (appelés aussi compensateurs de couleur).

L'emploi des filtres correcteurs de lumière sera évité au maximum par le choix préalable de l'émulsion en fonction de la source utilisée. En cas d'impossibilité, on pourra se référer au tableau ci-joint (p. 24).

Les filtres correcteurs de couleur seront assez rarement utilisés pour corriger les défauts de la composition spectrale de la source, car ces défauts sont difficilement évaluables. Leur emploi est plus courant, et constant, dans la correction des écarts à la loi de réciprocité, comme nous l'avons vu au chapitre précédent.

L'utilisation de tous ces filtres n'est possible que si l'on connaît parfaitement les caractères de la source de lumière utilisée.

III. LES SOURCES DE LUMIERE

1°- Généralités sur la lumière.

La lumière blanche est le résultat de vibrations électromagnétiques de longueurs d'onde bien définies, s'étageant entre 4 000 et 7 600 Å. On peut définir concrètement la lumière par sa qualité et sa quantité.

a. Etude qualitative de la lumière. Notion de température de couleur.

D'une façon simple, la température de couleur définit le pourcentage de bleu (B) 4 500 Å et le pourcentage de rouge (R) 6 500 Å pour une lumière blanche donnée.

Exemple : Ciel bleu $\frac{B}{R} = 2$

lampe studio 3 200° K $\frac{B}{R} = \frac{1}{4}$

(dans ces deux cas l'œil ne perçoit que du blanc.)

Correction de la température de couleur* d'une source.

Température de couleur de la source lumineuse	Pour obtenir 3 200 °K utiliser le filtre :	Pour obtenir 3 400 °K utiliser le filtre :	Pour obtenir 3 800 °K utiliser le filtre :	Pour obtenir 6 100 °K utiliser le filtre :
2 490	82 C + 82 C			
2 570	82 C + 82 B			
2 610		82 C + 82 C		
2 650	82 C + 82 A			
2 700		82 C + 82 B		
2 720	82 C + 82			
2 780		82 C + 82 A		
2 800	82 C			
2 870		82 C + 82		
2 900	82 B			
2 950		82 C		
3 000	82 A			
3 060		82 B		
3 100	82			
3 180		82 A		
3 200	—	82 A		80 A
3 290		82		
3 300	81			
3 400	81 A	—	82 B	80 B
3 500	81 B			
3 510		81		
3 600	81 C			
3 630		81 A		
3 700	81 D			
3 740		81 B		
3 800	81 EF	81 C	—	80 D ou 80 C
3 850	81 EF	81 C		
3 970		81 D		
4 140		81 EF		
6 100	85 B	85	85 C	—

N° du Filtre	Élève la température de couleur	Intervalles de Mireds	N° du Filtre	Abaisse la température de couleur	Intervalles de Mireds
78	de 2 360 à 5 500° K	— 242	86	de 5 500° à 2 360° K	242
78 AA	de 2 360 à 4 400° K	— 196	86 A	de 3 200 à 2 360° K	111
78 A	de 2 360 à 3 200° K	· 111	86 B	de 2 700 à 2 360° K	67
78 B	de 2 360 à 2 800° K	— 67	86 C	de 2 500 à 2 360° K	24
78 C	de 2 360 à 2 500° K	— 24	Incolore	pour réglage du 0	

La définition physique de la température de couleur fait appel aux radiations émises par le corps noir. Soumis à l'action de la chaleur, le corps noir émet un spectre continu dont les caractéristiques dépendent de la température absolue : T (T = t° + 273°).

L'énergie d'émission est proportionnelle à la température. La longueur d'onde des radiations se déplace vers les courtes longueurs d'onde au fur et à mesure que la température absolue augmente.

T° élevée = émission riche en rayons violets (lumière froide) ;
T° basse = émission riche en rayons rouges (lumière chaude).

Cette notion de température de couleur est primordiale en photographie couleur, car l'équilibre chromatique des émulsions n'est défini que pour une température de couleur donnée.

3 200° K émulsion lumière artificielle type B ;
3 400° K émulsion lumière artificielle type A (1) ;
5 900° K émulsion type lumière du jour.

En pratique on modifie la température de couleur de la source pour l'ajuster à celle de l'émulsion par l'addition de filtres (voir tableau p. 24).

Il est à noter que les éclairages fluorescents, donnant des émissions discontinues, ne peuvent être corrigés.

b. Etude quantitative de la lumière.

La quantité de lumière intervient sur la densité du négatif en photographie noir et blanc et sur le rendu des couleurs en photographie couleur. C'est cette quantité de lumière qui est correctement dosée par les posemètres.

Les films négatifs, couleur et noir et blanc sont :
- noirs ou "bouchés" lors d'une surexposition ;
- pâles lors d'une sous-exposition.

(1) Ces émulsions tendent à disparaître aujourd'hui.

Les diapositives réagissent de façon inverse :

- une surexposition donne une image pâle ;
- une sous-exposition donne une image sombre ou "bouchée".

2°- La lumière solaire.

Elle est très souvent utilisée. Il faut éviter au maximum les grands écarts de lumière. La lumière douce, diffusée par un ciel couvert, est souvent très agréable.

En photographie couleur, il faudra tenir compte des variations de la température de couleur de la lumière en fonction de l'heure et de la saison. Se méfier aussi des variations chromatiques dûes à un ciel trop bleu (excès de bleu)ou à un feuillage trop abondant (excès de vert).

3°- La lumière artificielle [8].

Il existe deux types de sources lumineuses: les lampes à incandescence, émettant un flux lumineux continu, et les lampes éclairs.
Chaque source est caractérisée par sa température de couleur.

a. Les lampes à incandescence.

- Les lampes ordinaires (dites demi-watt).

Leur utilisation est possible en noir et blanc.

- Les lampes de projection (type projecteur de diapositive

Elles sont très utiles en lumière d'appoint, type spot. Disposant de verres anticaloriques, elles chauffent peu. Leur température de couleur est de l'ordre de 3 000°K.

- Les lampes survoltées.
  - lampe bleue type lumière du jour ;
  - lampe blanche type lumière artificielle.

On a intérêt à utiliser le deuxième type. Elles ont de nombreux inconvénients : durée de vie courte (2 heures), faible puissance (250 à 500 W),

émission thermique importante, variation rapide de la température de couleur et de la puissance en fonction de l'usure.

ɷ Les lampes de studio professionnel.

Ce sont des lampes du même type, mais beaucoup plus puissantes (2 000 à 5 000 watts). Elles chauffent malheureusement beaucoup, à cause du spectre étendu dans l'infra-rouge.

ɷ Les lampes quartz-iode (type torche de cinéma)

Leur puissance est de 250 - 2 000 W. D'un prix de revient faible, elles sont très utiles mais la grande quantité de chaleur dissipée conduit très souvent à prévoir un système de refroidissement.

b. Les lampes éclairs [8].

Nous citerons pour mémoire les lampes éclairs à combustion, dont l'intérêt diminue fortement depuis l'apparition des flashes électroniques. Elles sont basées sur la propriété qu'ont les gaz (ou les vapeurs métalliques) d'émettre un spectre de raies caractéristique de la nature du gaz et du régime de la décharge électrique.

Caractéristiques de leur lumière :

- température de couleur : 6 000 à 6 500°K ;
- brièveté de l'éclair : 1/800 à 1/10 000e de seconde ;
- une même lampe peut fournir entre 10 à 100 000 éclairs ;
- leur grande puissance permet l'utilisation de petits diaphragmes, d'où une augmentation notable de la profondeur de champ.

En contre partie, le flash électronique est toujours asservi à une source d'énergie électrique. Celle-ci peut être apportée de trois façons différentes :

- le secteur alternatif ;
- les accumulateurs ;
- les piles.

Il est à noter que le système de piles permet la plus grande autonomie de fonctionnement.

z Les différents types de flash.

. Les modèles professionnels.: certains dits de reporta; ont une puissance de 100 à 400 W/seconde.
Les modèles de studio ont une puissance considérable, de l'ordre de 400 à 20 0(W/seconde, mais ce sont des complexes multi-torches avec un seul générateur énorme (flash Bowens monolite, flash Balcar).

. Les modèles d'amateur : ils ont les caractéristiques décrites précédemment. Certains disposent d'un computer, c'est-à-dire d'un calculateur qui apprécie la distance flash-sujet, et agit sur la durée de l'éclair électronique pour l'ajuster à sa valeur la meilleure.

. Les flashes annulaires: la lampe à éclat a une forme annulaire, l'objectif de prise de vue passant dans cet anneau. Ces flashes donnen un éclairage sans ombre. Ils sont très utiles pour les prises de vue de champs opératoires ou de cavités (1).

c. Les lampes à décharge.

Leur principe est le même que celui des flashes.Elles sont utilisées pour leur rayonnement pratiquement monochromatique et leurs émissions dans l'infra-rouge et l'ultra-violet.

z Les lampes à vapeur de sodium.

Ces lampes émettent un flux lumineux jaune, très intense, dans le doublet de résonnance 5 890 - 5 896 Å d'une part et dans le doublet 8 183 - 8 194 Å d'autre part. L'interposition d'un filtre, type Wratten 88 A, permet de disposer d'une excellente source infra-rouge.

(1) Signalons le cas de l'objectif Medical-Nikkor de Nikon. Cet objectif spécial de 200 mm dispose d'un éclairage de veille et d'un flash annulaire incorporé ainsi que d'une série de compléments optiques de puissance variable et échelonnée.

- Les lampes à vapeur de mercure.

On connaît différents modèles à basse, moyenne ou haute pression. Tous se caractérisent par leur émission dans l'ultra-violet (mise en évidence des émissions fluorescentes).

Chaque source lumineuse est caractérisée par sa température de couleur. La connaissance de cette dernière est indispensable au bon choix de l'émulsion.

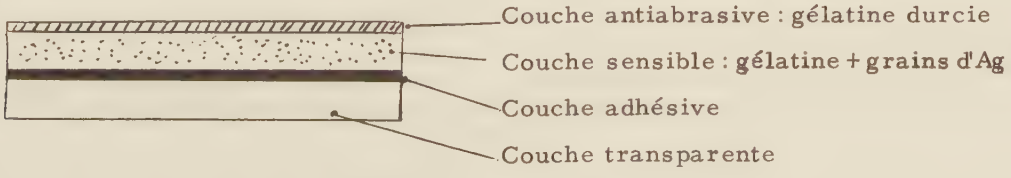
IV. LES EMULSIONS PHOTOGRAPHIQUES [4]

La photographie scientifique utilise des films noir et blanc et couleur conventionnels et dispose de quelques films à usage plus spécifique [III]. Comme le choix de l'appareil et de l'objectif, le choix de la pellicule dépend des conditions de prise de vue mais aussi de l'utilisation ultérieure du cliché (publication dans une revue, diaporama, agrandissement....).

Certaines pellicules offrent des possibilités diverses. Ainsi, à partir d'un négatif couleur, on pourra obtenir, sans perte de la qualité, des clichés couleur, des clichés noir et blanc ou des diapositives.

1°- Les émulsions noir et blanc.

On peut obtenir des résultats très variables avec une même pellicule noir et blanc. Sa sensibilité et sa densité peuvent être modifiées par une variation dans le temps d'exposition ou dans la nature du développement. Mais, quelque soit le film, la structure est toujours identique :



Les grains d'argent sont des grains de bromure d'argent.

Le bromure d'argent est sensible à la lumière, mais cette sensibili
est totalement différente de celle de l'œil. D'où existence de films :

- non chromatisé - sensible au bleu ;
- orthochromatique - insensible au rouge ;
- panchromatique - sensible à toutes les couleurs ;
- infra-rouge - à sensibilité étendue dans l'I. R..

Chaque film est caractérisé par sa sensibilité. Celle-ci est donnée dans deux systèmes de références différents : ASA ou DIN.

- Dans le système ASA, la sensibilité du film double quand le nombre d'ASA double.
- Dans le système DIN, la sensibilité double suivant une raison arithmétique d'ordre 3.

Voici pour mémoire les correspondances entre ces deux échelles de mesures :

ASA	DIN
4	7
10	11
25	15
50	18
100	21
200	24
400	27
800	30
1600	33
3200	36

Une émulsion est caractérisée non seulement par sa sensibilité, mai
aussi par :

- son grain : le grain est inversement proportionnel à la sensibilité ; le grain détermine le pouvoir d'agrandissement d'un négatif. On a tout intérêt à obtenir un grain très fin, d'où l'emploi de pellicules de faibles sensibilités (25-50 ASA) dans la mesure du possible ;

- le pouvoir résolvant (1) : il est de 70 à 90 traits/mm dans les conditions usuelles ; il est maximum en lumière monochromatique ultraviolette.

2°- Les émulsions couleur.

a. Les émulsions négatives.

Elles ont la même structure que les négatifs noir et blanc, mais il existe trois couches sensibles réagissant chacune à l'une des couleurs primaires (rouge, vert et bleu). On comprend que leur emploi soit difficile dès que l'effet schwarzschild apparaît, car chaque couche réagit alors différemment.

Elles ont par ailleurs les mêmes caractéristiques que les négatifs noir et blanc (sensibilité, grain...).

b. Les émulsions inversibles ou diapositives.

Elles donnent directement une image positive, grâce à un développement chromogène durant lequel des colorants viennent prendre la place des grains d'argent sensibilisés. Avec la disparition de ces grains, il y a disparition du grain de l'émulsion, ce qui explique le grand pouvoir d'agrandissement de ces images.

Toutes les émulsions couleur sont, nous l'avons vu, caractérisées par leur température de couleur. En dehors d'une bonne correspondance entre l'émulsion et la source lumineuse, l'équilibre chromatique est perturbé.

Cet équilibre précaire peut être aussi altéré par les opérations de

1) il correspond au pouvoir séparateur de l'objectif (voir page 8).

traitement et d'agrandissement. Un très bon rendu des couleurs ne pourra donc être possible que si une charte de couleur est photographiée en même temps que le sujet, cette charte servant alors de référence dans les manipulations ultérieures.

Tous les éléments pour obtenir de bonnes photographies nous étant maintenant connus, nous allons aborder l'étude pratique de la photographie scientifique.

Après le rappel de quelques règles de photographie générale, nous envisagerons deux domaines plus particuliers : la photomacrographie et la photomicrographie.

- La photomacrographie consiste en la photographie (photo) de sujets agrandis (macrographie).
  Chaque cliché sera caractérisé par son grossissement (G) c'est-à-dire le rapport de sa dimension à celle du sujet.
- La photomicrographie est la transposition photographique des images vues à travers le microscope.

-:-:-:-:-

Deuxième partie

TECHNIQUES DE LA PHOTO SCIENTIFIQUE

-:-:-:-

I. PHOTOGRAPHIE GENERALE

Nous nous limiterons ici à quelques conseils pratiques relatifs aux objectifs, l'éclairage et la préparation du matériel.

L'opérateur devra toujours avoir une bonne connaissance du sujet. Pour les animaux vivants, il est essentiel de connaître les habitudes, le comportement et les réactions possibles du sujet. Une bonne contention évitera bien des déboires (blessures diverses, détériorations du matériel...), tout en permettant au photographe de se concentrer sur son travail.

La connaissance d'une affection permettra un meilleur choix des signes cliniques ou des lésions à enregistrer. En présence d'une maladie contagieuse, ou d'un risque de contamination, toutes les précautions seront prises pour en éviter la propagation.

Avant une séquence de prises de vue, on prévoira au mieux le matériel à utiliser. Il est ennuyeux par exemple de retourner chercher un objectif ou une pellicule quand on travaille en plein champ, à quelques kilomètres de son cabinet. On se voit même dans l'impossibilité de travailler si un tel oubli intervient au cours d'une opération chirurgicale.

On ne peut que recommander l'habitude de certains, de noter au cours de chaque manipulation le matériel utilisé (type d'éclairage, objectif, pellicule, ainsi que le temps d'exposition et le diaphragme utilisé pour chaque cliché. L'étude de ces notes nous sera très utile pour comprendre nos erreurs (et

même parfois nos réussites).

Bien souvent les conditions de prise de vue nous obligeront à choisir un objectif particulier. Ainsi le manque de recul, dans une salle de traite ou une salle radio, rend seule possible l'utilisation des objectifs de courtes focale

Ces objectifs, de longueur focale inférieure à cinquante millimètres, augmentent la perspective mais les premiers plans sont disproportionnés par rapport aux plans suivants. Sur les clichés la profondeur de champ est souvent importante, mais le sujet paraît parfois éloigné par rapport à sa place réelle. Ces objectifs seront utilisés pour les prises de vue d'ensemble (salle d'opération, étable, parquet de volailles....).

Les petits téléobjectifs (80-135 mm) dominent la perspective, écrasent les différents plans, mais gardent les bonnes proportions du sujet. Ils permettent, de plus, de maintenir une distance respectable entre l'opérateur et le sujet lorsque ce dernier est rétif ou dangereux.
Ces objectifs seront très utiles aux zootechniciens pour les prises de vue d'animaux sur pied. Dans ce cas les animaux seront photographiés, placés de profil, de trois quarts avant et de face (planche I, photo n°1).

Sur beaucoup de photos on remarque un objet donnant une échelle de grandeur : personnage tenant l'animal, mur de briques ect..... Cette initiative est louable mais elle détourne toujours l'attention de l'observateur, du sujet principal (planche I, photo n°2).

On s'efforcera donc, dans un cliché, de faire disparaître tous les éléments secondaires (l'échelle de grandeur pourra être rajoutée à l'agrandissement sous forme d'un simple trait gradué). Les grands animaux par exemple seront placés parallèlement à un mur uniforme. S'ils sont au champ, la limite ciel-pâturage ne devra pas apparaître sur le cliché.
Les petits animaux seront pris sur une table, parallèlement à un fond uniforme, sans qu'apparaissent sur la photographie : la table, la laisse ou une quelconque partie du propriétaire (la main de ce dernier venant souvent au dernier

moment rassurer l'animal).

Lors de l'utilisation d'un flash, on veillera à ce qu'aucune ombre importante ne soit projetée sur le fond ou que ce dernier, lisse, ne réfléchisse la lueur de l'éclair. On ne peut que recommander pour les petits specimens(animaux de laboratoire : lapins, cobayes) l'utilisation d'un velours noir en toile de fond, lequel limite ces inconvénients.

Lors de prises de vue en extérieur, il faudra veiller à limiter au maximum les ombres portées. Il faut éviter de travailler en plein soleil (contraste trop important), ou lorsque celui-ci est bas sur l'horizon (allongement important des ombres). La meilleure lumière étant, rappelons-le, celle diffusée par un ciel couvert. Les ombres gênantes pourront toutefois être éliminées grâce à des écrans diffuseurs. A cet effet, on trouve dans le commerce des panneaux réflecteurs pliants présentant une face blanche et une face métallisée.

Les petits téléobjectifs vont aussi nous permettre d'aborder le domaine le plus courant en clinique vétérinaire, c'est-à-dire la photographie de lésions, de pièces molles ou de champs opératoires.

Les recommandations générales que nous venons de faire sont toujours valables. Les techniques d'éclairage sont souvent des adaptations de celles que nous étudierons au chapitre de photomacrographie. Le principe général est toujours le même : un éclairage frontal écrase le sujet, un éclairage rasant fait ressortir les reliefs (planche II, photos n°2 et n°3).

La préparation du matériel revêt ici un soin tout à fait particulier, car elle conditionne tout le résultat photographique. On veillera tout spécialement à bien nettoyer l'objet à photographier et à le mettre au maximum en valeur (par exemple tonte au carré autour d'une plaie ou d'une lésion de teigne). Pour la photographie, les pièces molles seront lavées et débarrassées de toute souillure.

Pour le support, les champs souillés sont à banir ainsi que les champs en

papier qui sont immédiatement mouillés. Une bonne méthode consiste en l'utilisation de fonds colorés uniformes (types papiers plastiques, verres ou gélatines colorées, ces derniers pouvant être éclairés par éclairage indirect [6].

Les couleurs seront choisies en fonction des critères suivants :

- en photographie couleur il faut tenir compte des couleurs complémentaires :

. rouge --------- vert ;
. jaune --------- violet ;
. orange --------- bleu ;

ces couleurs se renforcent par leurs contrastes. Mais tout est affaire d'esthétique, l'œil supportant très bien le bleu nous donnerons une préférence à un fond bleu sur une pièce rouge. L'ensemble rouge, jaune, bleu constitue, à peu de chose près, une composition chromatique sur un accord triple agréable à l'œil ;

- en photographie noir et blanc, il faut choisir un fond en opposition avec le sujet. Les fonds blancs sont cependant mieux acceptés par l'œil. Il ne faut pas hésiter à utiliser les filtres pour faire ressortir les principaux détails d'un sujet.

Si les conditions optimum de prise de vue ne peuvent être obtenues, il y a lieu de différer celle-ci. Ici se pose, dans le cas de pièces molles, le problème de leur conservation [2]. Pour éviter une perte des couleurs ou une altération de celles-ci, la pièce molle peut être plongée :

- dans la solution de Jore modifiée, elle conserve alors ses couleurs durant trois semaines :

. eau ..... 20 litres
. chlorure de sodium ..... 90 g
. bicarbonate de sodium ... 162 g
. sulfate anhydre de sodium 200 g
. hydrate de chloral..... 360 g
. formol du commerce .... 400 ml ;

- ou dans le fixateur de Larsen :

solution mère :

. chlorure de sodium ..... 125 g
. bicarbonate de sodium .... 225 g
. sulfate anhydre de sodium . 275 g
. hydrate de chloral ..... 250 g
. formol à 10 % ..... 125 g
. eau distillée ..... 2500 g

on dilue cette solution au moment de l'emploi à raison de :

. solution mère ..... 500 g
. eau distillée ..... 4500 g
. acétone ..... 25 ml.

es pièces anatomiques gardent un excellent état durant plus de deux jours, ais attention cette solution attaque les objets chromés.

La photographie de pièces molles peut être aussi fortement compro- ise par la présence de nombreux reflets. (Planche III, photo n° 3)

- Une première solution consiste à opérer en lumière diffuse, s projecteurs étant placés derrière les verres dépolis ou la pièce placée au entre d'une colonne de papier calque.

- La deuxième solution consiste à immerger la pièce molle ans un aquarium. Au contact de l'air et de l'eau se produit une réfraction qui ejette hors de l'eau les rayons réfléchis. Ceux qui atteignent la surface, sous n angle inférieur ou égal à 48°, sont à la fois réfractés et partiellement réflé- is, ceux dont l'angle est supérieur subissent une réflexion totale.
e fond de l'aquarium peut être utilement couvert d'une gélatine ou d'un verre oloré.

Il sera parfois intéressant de photographier un détail d'une pièce olle ou d'une lésion, on aura alors recours aux techniques de photomacro- raphie.

II. PHOTOMACROGRAPHIE

Suivant le rapport de grossissement, on est amené à distinguer trois domaines :

- la photomacrographie à faible rapport (1). Son domaine s'étale entre les rapports de grossissement direct de 0,1x à 5x ;
- la photomacrographie courante. Son domaine s'étale entre les rapports de grossissement direct de 0,5x à 5x ;
- la photomacrographie à fort rapport de 5x à 50x.

Seuls les deux premiers domaines sont d'utilisation courante en clinique vétérinaire. La photomacrographie à fort rapport demande, en effet, un matériel tout à fait particulier : banc optique Aristophot, Leitz ou AC (Zeiss) et des optiques photomicrographiques [8] spéciales dont seul un atelier spécialisé peut faire l'acquisition. Elle tend à être supplantée, dans la limite du possible, par la photographie au microscope électronique à balayage, lequel permet, pour des rapports égaux ou bien supérieurs, une profondeur de champ beaucoup plus importante.

La méthode rationnelle d'obtention de la photomacrographie consiste à allonger le tirage de l'objectif, c'est-à-dire la distance qui sépare le foyer de l'objectif et la surface sensible. Le matériel photographique décrit antérieurement, permet facilement ce processus grâce aux bagues allonges et aux soufflets (2).

(1) Appelée parfois proxiphotographie.

(2) Les bonnettes ou lentilles d'approche placées devant l'objectif permettent un certain grandissement de l'image, mais de tels systèmes ne peuvent être que des expédients en raison de leurs faibles grossissements et des résidus d'aberration qu'elles introduisent.

1°- Matériel spécial de photomacrographie.

a. Les bagues allonges.

La bague allonge, introduite entre le bâti de l'appareil et l'objectif, n augmente le tirage. Ces bagues ne permettent que des combinaisons de rossissements fixes (1), mais le matériel reste facilement utilisable à main evée.

b. Les soufflets allonges.

Ils remédient à l'inconvénient des grossissements fixes, mais ils ont plus lourds et beaucoup plus difficiles à manipuler, ils nécessitent le plus ouvent l'utilisation d'un pied.

Il existe une très grande variété de soufflets, leur différence tenant la facilité de la mise au point et de la variation du grossissement d'une part t à la conservation ou non des divers automatismes du boîtier d'autre part.

c. Les objectifs macro.

Ce sont des objectifs permettant une mise au point de l'infini à quel- ues centimètres, c'est-à-dire jusqu'à un rapport de 1/2 et 1 x. Ils sont spé- ialement adaptés et calculés en vue de l'utilisation avec un boîtier 24 x 36 TL du type décrit. Ils peuvent servir d'objectif en photographie courante ais ils ont toutefois une luminosité moyenne (f/3, 5) et un prix souvent élevé.

d. Les objectifs à monture courte "auto-bellows" [8].

Ce sont des objectifs de focale moyenne ou longue (100 - 135 mm), épourvus de système hélicoïdal de mise au point. Leur monture ultra-courte st calculée pour permettre (montée sur un soufflet léger) la mise au point n continu de l'infini à des rapports de grossissement au moins égaux à 1 x arfois 3 x). Ces objectifs ont, en général, un bon pouvoir séparateur, une

) Des bagues hélicoïdales sont apparues récemment sur le marché, permettant une faible variation du grossissement.

ouverture numérique moyenne (f/3, 5) pour un prix abordable.

e. Le choix d'un objectif.

Si, en théorie, tous les objectifs sont utilisables, les rappels sur les aberrations nous ont montré qu'un objectif ne peut être construit que pour un domaine particulier ; d'où , dans la mesure du possible, il faut utiliser les types d'objectifs que l'on vient de décrire.

Le choix de la focale est commandé par deux critères : le grossissement recherché et la distance de travail possible entre l'objectif et le sujet. Pour un même tirage,une grande focale fournira un grossissement très faible par rapport à une focale plus faible, par contre la distance de travail sera beaucoup plus grande.

Exemple :

	Distance objet - objectif	Grossissement	Tirage
Focale 135 mm	20, 00 cm	2 x	40, 5 cm
Focale 35 mm	5, 25 cm	2 x	10, 5 cm

Pour le 35 mm la distance est quatre fois moindre, mais le tirage aussi.

PIZON [6] préconise l'utilisation d'une focale longue car :

- l'observation sous un angle **réduit** permet l'utilisation d'un égal éclairage sur toute la surface sensible, ainsi que l'utilisation de la seule zone centrale de l'objectif dépourvue d'aberrations ;

- l'éloignement relatif du point principal objet, donne une perspective plus satisfaisante car elle évite l'effet de fuite entre le premier et le second plan ;

- la distance frontale offre une plus grande facilité quant aux manipulations, éclairage et étude des animaux vivants.

'éclairage pose en effet des problèmes particuliers, comme d'ailleurs la net-
eté de l'image et les variations du temps de pose.

2°- Les problèmes particuliers.

a. L'éclairage [5, 6, 8].

Il est réalisé grâce à des lampes à filament ou des flashes électroniques.

α Eclairage par lampes à filament.

On utilise le plus souvent des lampes ponctuelles à lentilles convergen-
es, le flux est réglé par un rhéostat ou un voltmètre. La quantité de chaleur
égagée peut être limitée par des filtres :

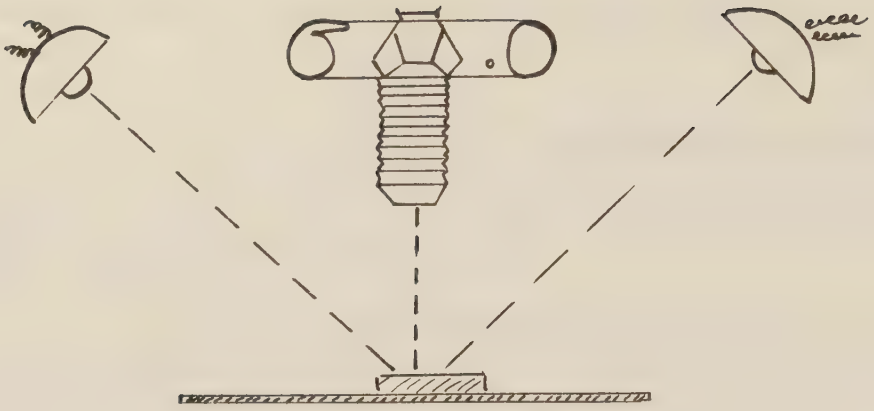
- filtre liquide : solution saturée de sulfate ferreux ammoniacal (formule de A.H. PHUND) ;
  Sous une épaisseur de 18 mm, ce filtre transmet 89 % du spectre visible et de 0,5 à 1 % des rayons infrarouges de $\lambda \geq 0,8\ \mu$;
- filtre solide : type pyrex AKLO n°395.

Le sujet peut être éclairé de nombreuses manières.

1/ L'éclairage uniforme de grand champ. C'est éclairage qu'on utilise aussi pour la reproduction de documents ; les deux mpes sont inclinées à 45° (voir fig. n°6).

2/ L'éclairage par réflexion.

. Eclairage sur champ clair : on utilise une u deux lampes de type Nachet à collecteur. Cette technique est très utile pour photographie de très petits animaux (insectes parasites par exemple). Si le isceau tombe sous une incidence de 0 à 45°, on a toujours une ombre portée us ou moins importante. En travaillant sur une plaque de verre on peut reorter cette ombre en dehors du cliché, la profondeur de champ étant très ible. Parallèlement il est possible d'utiliser des fonds colorés (voir fig. 7).



Normal

Fig. n° 6 : Eclairage par réflexion sur champ clair.

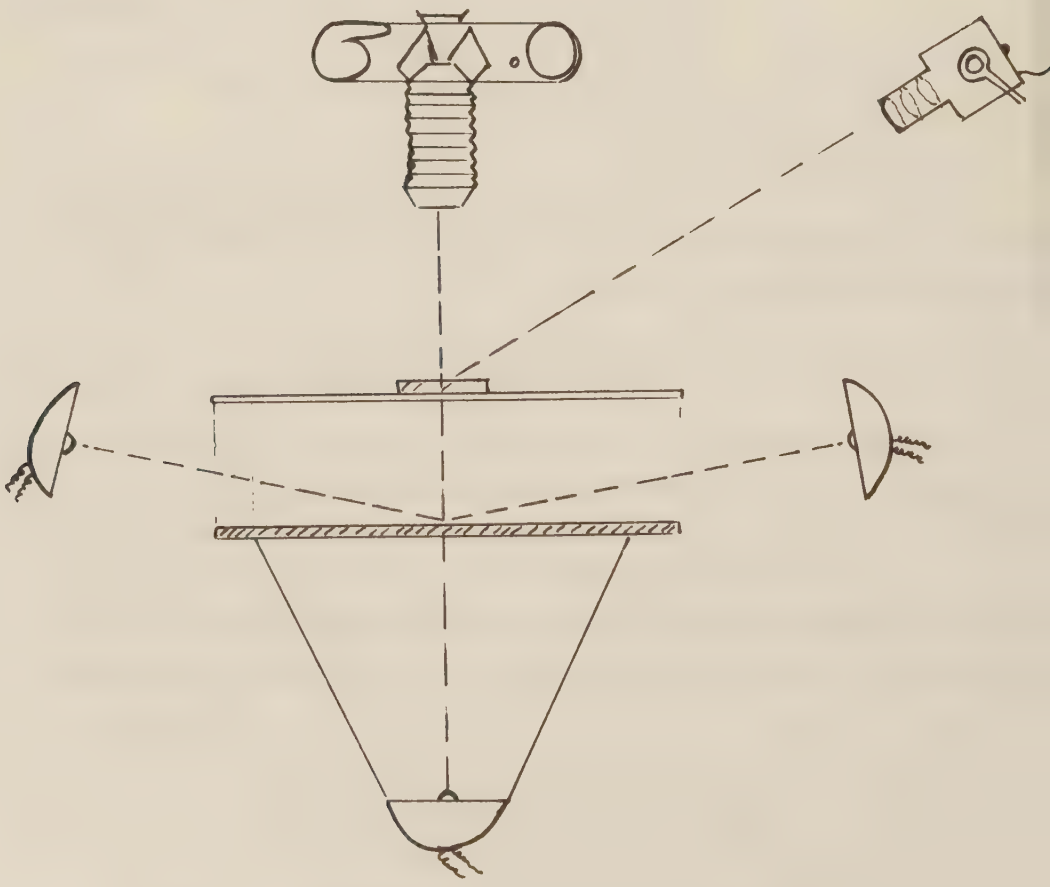


Fig. n° 7 : Eclairage par réflexion avec fond coloré

Quand l'angle d'éclairage passe de 45° à 5 ou 10°, on augmente beaucoup le relief du sujet ce qui sera très utile pour mettre en valeur la structure du sujet (papilles de Gastrophilus intestinalis, poils végétaux....).

. Eclairage sur champ noir : L'éclairage par réflexion en champ noir est plus délicat à réaliser que le précédent, car le fond noir homogène (papier Canson, tissu...) réfléchit malgré tout une faible quantité de lumière. Les meilleurs résultats seront obtenus avec un fond en tissu noir mât et un éclairage rasant (voir fig. n°9).

. Eclairage diffus ou éclairage sans ombre : Il peut être réalisé très simplement en entourant le sujet avec du papier cellophane ou en interposant devant les lampes des filtres polariseurs.
On peut confectionner un anneau éclairant qui pourra être placé, soit autour du sujet, soit autour de l'objectif (voir fig. n°11 et 10).

Citons pour mémoire l'appareil d'éclairage à azimut limité de Hauser. Il s'agit d'une boîte, sans couvercle ni fond, dont deux parois contiguës sont formées de miroirs et les deux autres de verres adoucis ou opâles. Ce système permet de résoudre bon nombre de problèmes d'éclairage, en utilisant convenablement les sources de lumière.

3/ L'éclairage par transparence. Il est utilisable pour des sujets translucides. Le faisceau lumineux peut être renforcé par l'utilisation d'un condenseur (type agrandisseur) (voir fig. n°12). Ce type d'éclairage peut être réalisé sur fond clair (coloré ou non)(voir fig. n°13) ou sur fond noir (voir fig. n°8).

Quel que soit le type d'éclairage, si l'utilisation des filtres est désirée, ceux-ci seront placés devant la source et non devant l'objectif, car l'apparition d'un dioptre nuit à la définition.

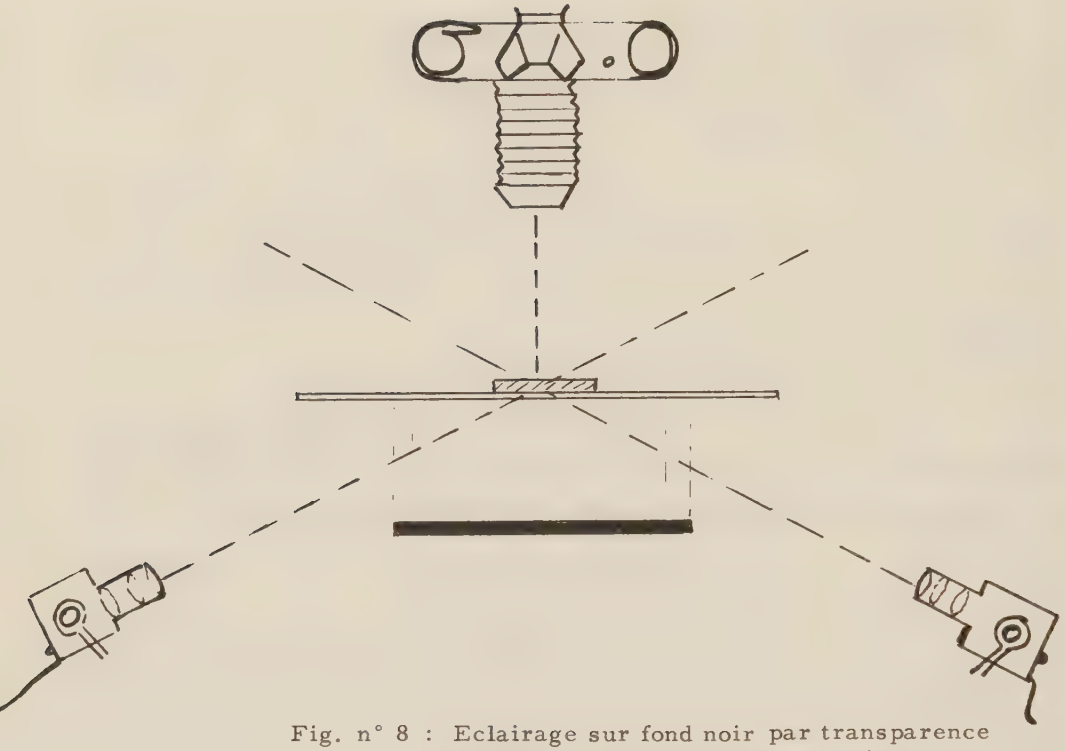


Fig. n° 8 : Eclairage sur fond noir par transparence (utilisation d'une à deux lampes).

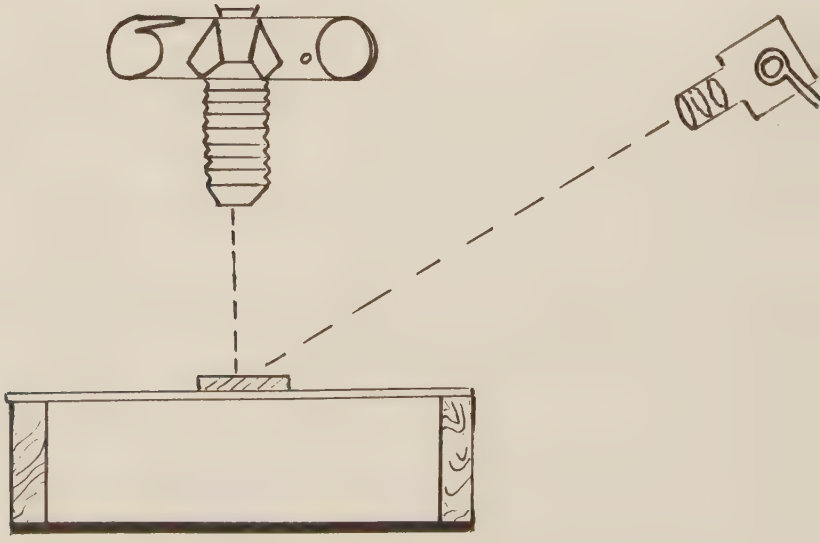


Fig. n° 9 : Eclairage par réflexion sur fond noir.

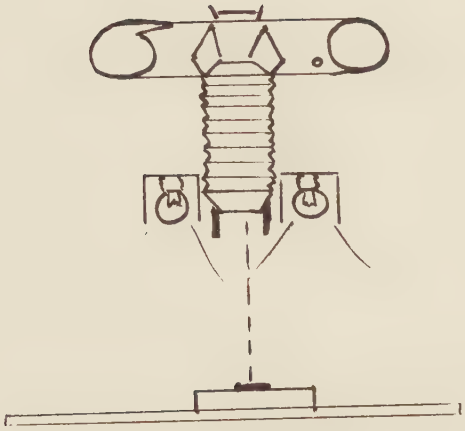


Fig. n°10 : Eclairage diffus : anneau autour de l'objectif.

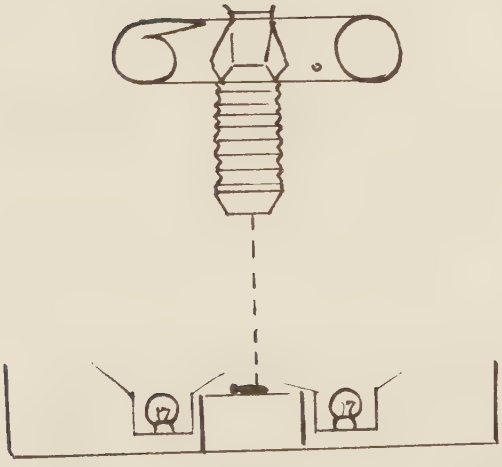


Fig. n°11 : Eclairage diffus : anneau autour du sujet.

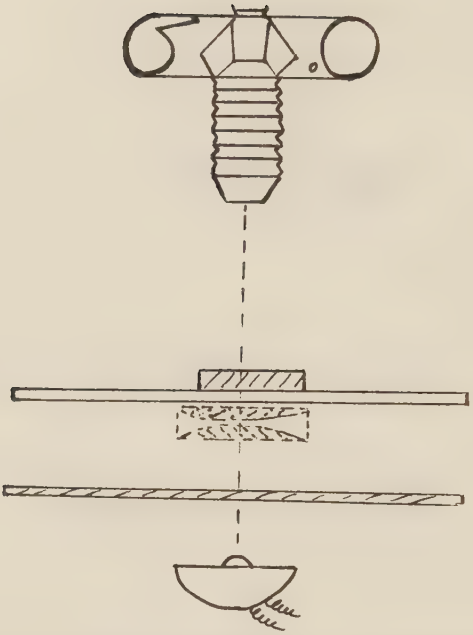


Fig. n°12 : Eclairage par transparence. Utilisation d'un condenseur.

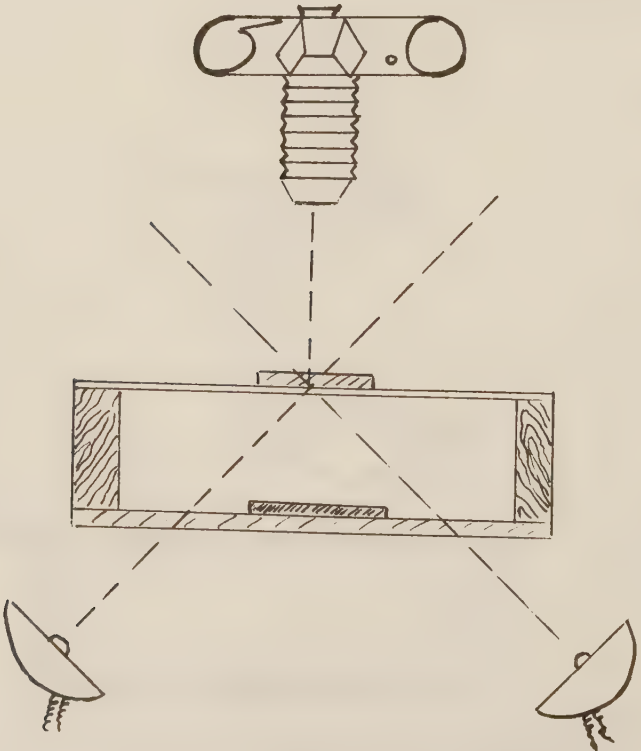


Fig. n°13 : Eclairage par transparence sur fond clair.

zz Utilisation du flash électronique.

La distance flash-sujet est souvent inférieure à un mètre, ce qui rend mpossible l'utilisation du nombre guide du flash, caractéristique de la lampe clair, lequel est établi pour une distance variant de 1 mètre à 5 mètres. On ura donc toujours intérêt à faire un étalonnage de son matériel.
n cas d'impossibilité, on peut utiliser (en première approximation)les tableaux -joints (p. 48, 49, 50, 51) [5].

Rappelons que le nombre guide est donné pour une tonalité moyenne ris neutre, type charte Kodak 18 %). Il y aura lieu de fermer le diaphragme 0, 5 à 1, 5 unité pour un sujet clair et de l'ouvrir dans les mêmes propor- ons pour un sujet foncé.

Il est à noter que pour une distance inférieure à un mètre, le flash ne nctionne plus comme une source ponctuelle **mais**, grâce à son réflecteur, mme une source de large surface donnant un éclairage diffus, d'où une im- rtance moindre des ombres [6]. Rappelons à ce sujet l'existence des flashes nulaires, très utiles pour la photographie de champs opératoires par exemple, i suppriment totalement les ombres portées.

b. Grossissement et temps de pose [8].

Le tirage augmente énormément le temps de pose en modifiant l'ouver- re relative de l'objectif. Les deux formules suivantes rendent compte de ces odifications :

$$n' = n(G + 1) \qquad (1)$$

$$F = (G + 1)^2 \qquad (2)$$

a formule (1) permet de définir la nouvelle ouverture relative vraie (n'), étant l'ouverture relative de l'objectif, G le grossissement.
a formule (2) permet de calculer le facteur d'exposition, c'est-à-dire, en it, l'augmentation du temps de pose pour un grossissement déterminé (G). oir courbes p. 52 et 53).

Nombres guide réels lors de l'utilisation du flash électronique.

Echelles de reprod.	Nombres-Guide réels						
	8	10	12	14	16	18	20
A							
1 : 10,0	91,0	113,0	136,0	159,0	181	204	227
1 : 5,0	83,0	104,0	125,0	145,0	166	187	208
1 : 4,0	80,0	100,0	120,0	140,0	160	180	200
1 : 3,0	75,1	93,9	112,0	131,0	150	169	187
1 : 2,0	66,6	83,3	100,0	116,0	133	150	166
1 : 1,8	64,5	80,6	96,7	112,0	129	145	161
1 : 1,6	61,7	78,8	92,5	108,0	123	138	154
1 : 1,4	58,4	73,0	87,7	102,0	117	131	146
1 : 1,2	54,6	68,3	81,9	95,6	109	123	136
1 : 1,0	50,0	62,5	75,3	87,5	100	112	125
B							
1,2 : 1	45,4	56,8	68,1	79,5	91,0	102,0	113,0
1,4 : 1	41,6	62,0	62,5	73,0	83,0	93,7	104,0
1,6 : 1	38,4	48,0	57,6	67,3	77,0	86,5	96,0
1,8 : 1	35,7	44,6	53,5	62,5	71,0	80,3	89,0
2,0 : 1	33,3	41,6	50,0	58,3	66,0	75,0	83,0
3,0 : 1	26,0	31,2	37,5	43,7	50,0	56,2	62,0
4,0 : 1	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
5,0 : 1	16,6	20,8	25,0	29,1	33,0	37,5	41,6
10,0 : 1	9,0	11,3	13,6	15,9	18,1	20,4	22,7

A : en proxiphotographie
B : en photomacrographie
Distances flash-sujet : en centimètres
Diaphragme : 8

Nombres guide réels lors de l'utilisation du flash électronique (suite)

Echelles de reprod.	Nombres-Guide réels						
	8	10	12	14	16	18	20
A							
1 : 10,0	66,1	82,6	99,0	115,0	132,0	148,0	165,0
1 : 5,0	60,6	75,7	90,0	106,0	121,0	136,0	151,0
1 : 4,0	58,1	72,7	87,2	101,0	116,0	130,0	145,0
1 : 3,0	54,6	68,3	82,0	95,6	109,3	123,0	136,0
1 : 2,0	48,4	60,6	72,7	84,8	96,9	109,0	121,0
1 : 1,8	46,9	58,5	70,3	82,1	93,8	105,0	117,0
1 : 1,6	44,8	56,1	67,3	78,5	89,7	101,0	112,0
1 : 1,4	42,5	53,1	63,2	74,4	85,0	95,6	106,0
1 : 1,2	39,7	49,6	59,6	69,5	79,4	89,4	99,0
1 : 1,0	36,3	45,4	54,5	63,6	72,7	81,8	90,9
B							
1,2 : 1	33,0	41,3	49,5	57,8	66,1	74,3	82,6
1,4 : 1	30,3	37,8	45,4	53,0	60,6	68,1	75,7
1,6 : 1	27,9	34,9	41,9	48,9	55,9	62,9	69,9
1,8 : 1	25,9	32,4	38,9	45,4	51,9	58,4	64,9
2,0 : 1	24,2	30,3	36,3	42,8	48,4	54,5	60,6
3,0 : 1	18,1	22,7	27,2	31,8	36,3	40,9	45,4
4,0 : 1	14,5	18,1	21,8	25,4	29,0	32,7	36,3
5,0 : 1	12,1	15,1	18,1	21,2	24,2	27,2	30,3
10,0 : 1	6,6	8,2	9,9	11,5	13,2	14,8	16,5

A : en proxiphotographie
B : en photomacrographie
Distances flash-sujet : en centimètres
Diaphragme : 11

Nombres guide réels lors de l'utilisation du flash électronique (suite)

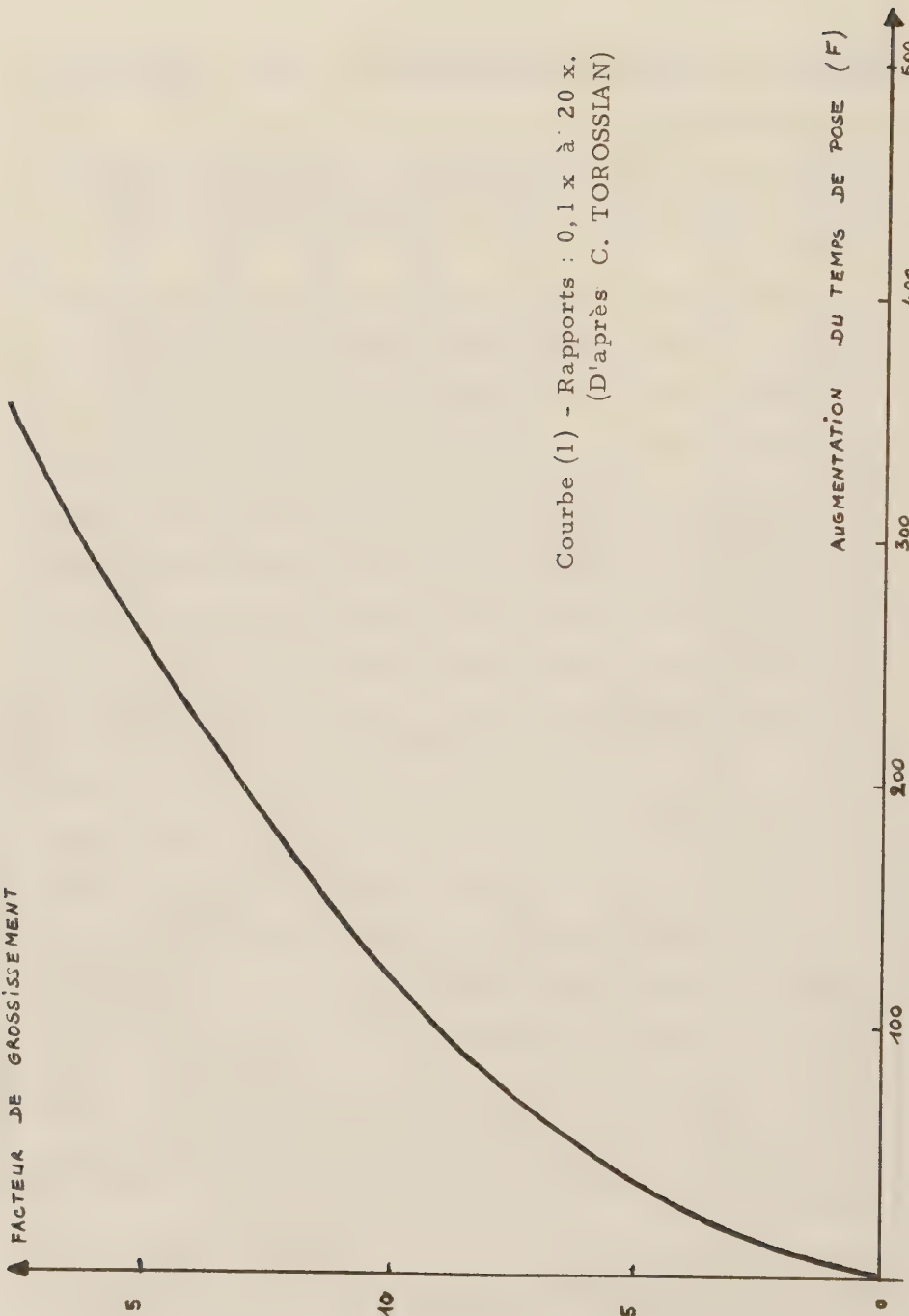
Echelles de reprod.	Nombres-Guide réels						
	8	10	12	14	16	18	20
A							
1 : 10,0	45,4	56,8	68,1	79,5	90,9	102,0	113,0
1 : 5,0	41,6	52,0	62,5	72,8	83,3	93,7	104,0
1 : 4,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
1 : 3,0	37,5	46,9	56,3	65,7	75,1	84,5	93,9
1 : 2,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,6	75,0	83,3
1 : 1,8	32,2	40,3	48,3	56,4	64,5	72,5	80,6
1 : 1,6	30,8	38,5	40,2	54,0	61,7	69,4	77,1
1 : 1,4	29,2	36,5	43,8	51,1	58,4	67,5	73,0
1 : 1,2	27,3	34,1	40,9	47,8	54,6	61,4	68,3
1 : 1,0	25,0	31,2	37,5	43,7	50,0	56,2	62,5
B							
1,2 : 1	22,7	28,4	34,0	39,7	45,4	51,1	56,8
1,4 : 1	20,8	26,0	31,2	36,4	41,6	46,8	52,0
1,6 : 1	19,2	24,2	28,8	33,6	38,4	43,2	48,0
1,8 : 1	17,8	22,3	26,7	31,2	35,7	40,1	44,6
2,0 : 1	16,6	20,8	25,0	29,1	33,3	37,5	41,6
3,0 : 1	12,5	15,6	18,7	21,8	25,0	28,1	31,2
4,0 : 1	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
5,0 : 1	8,3	10,4	12,5	14,5	16,6	18,7	20,8
10,0 : 1	4,5	5,6	6,8	7,9	9,0	10,2	11,3

A : en proxiphotographie
B : en photomacrographie
Distances flash-sujet : en centimètres
Diaphragme : 16

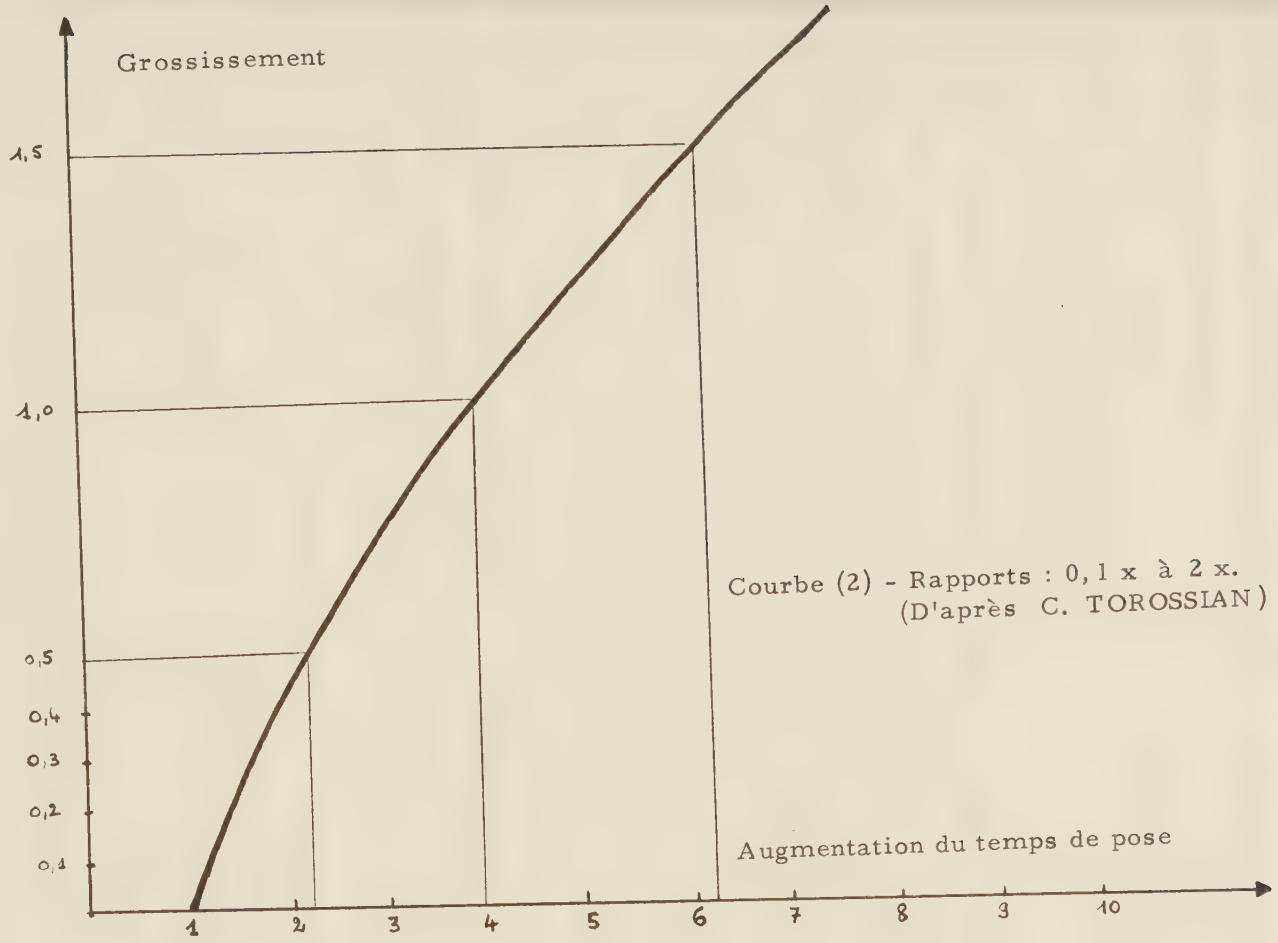
Nombres guide réels lors de l'utilisation du flash électronique (suite)

Echelles de reprod.	Nombres-Guide réels						
	8	10	12	14	16	18	20
A							
1 : 10,0	33,0	41,3	49,5	57,8	66,1	74,3	82,6
1 : 5,0	30,3	37,8	45,4	53,0	60,6	68,1	75,7
1 : 4,0	29,0	36,3	43,6	50,9	58,1	65,4	72,7
1 : 3,0	27,3	34,1	41,0	47,8	54,6	61,5	68,3
1 : 2,0	24,2	30,3	36,3	42,4	48,4	54,5	60,6
1 : 1,8	23,4	29,3	35,1	41,0	46,9	52,7	58,6
1 : 1,6	22,4	28,0	33,6	39,2	44,8	50,5	56,1
1 : 1,4	21,2	26,5	31,8	37,2	42,5	47,8	53,1
1 : 1,2	19,8	24,8	29,8	34,7	39,7	44,7	49,6
1 : 1,0	18,1	22,7	27,2	31,8	36,3	40,9	45,4
B							
1,2 : 1	16,5	20,6	24,7	28,9	33,0	37,1	41,3
1,4 : 1	15,1	18,9	22,7	26,5	30,3	34,0	37,8
1,6 : 1	13,9	17,4	20,9	24,4	27,9	31,4	34,9
1,8 : 1	12,9	16,2	19,4	22,7	25,9	29,2	32,4
2,0 : 1	12,1	15,1	18,1	21,2	24,2	27,2	30,3
3,0 : 1	9,0	11,3	13,6	15,9	18,1	20,4	22,7
4,0 : 1	7,2	9,0	10,9	12,7	14,5	16,3	18,1
5,0 : 1	6,0	7,5	9,0	10,6	12,1	13,6	15,1
10,0 : 1	3,3	4,1	4,9	5,7	6,6	7,4	8,2

A : en proxiphotographie
B : en photomacrographie
Distances flash-sujet : en centimètres
Diaphragme : 22



Courbe (1) - Rapports : 0,1 x à 20 x.
(D'après C. TOROSSIAN)



Courbe (2) - Rapports : 0,1 x à 2 x.
(D'après C. TOROSSIAN)

Si l'on a pris soin de choisir un boîtier dont la cellule est très sensible aux faibles luminosités, son système TTL nous évitera tous ces calculs. Par contre, si le temps de pose est alors supérieur à 1 seconde , il faudra tenir compte de l'effet schwarzchild.

III. LA PHOTOMICROGRAPHIE

Elle acquiert un intérêt tout à fait particulier car elle est, avec le dessin, le seul moyen de garder trace d'une observation au microscope.

Le dessin garde un intérêt par l'interprétation de la préparation qu'il représente, schématisation, mise en évidence d'un détail. La photomicrographie est plus objective. Les clichés couleur peuvent servir de référence de même que les clichés noir et blanc. Pour ces derniers, l'utilisation des filtres, en modifiant la nature des contrastes, peut leur donner la valeur de dessins.

De bons clichés ne peuvent être obtenus que si le matériel répond à certaines normes que nous allons nous efforcer de souligner. Il serait faux de croire que la microphotographie ne peut être que l'apanage de quelques particuliers. Les bons résultats dépendent, en effet, plus de la bonne utilisation du matériel que de l'emploi d'appareils perfectionnés et très onéreux.

1°- Le matériel.

a. Le microscope [1].

Seuls les milieux optiques doivent correspondre à des normes particulières.

z Le condenseur.

Les caractéristiques d'un bon condenseur sont les mêmes que celles du microscope normal. Le condenseur doit être aplanétique et achromatique. Son ouverture numérique (O.N.) doit être supérieure, ou mieux égale, à celle

de l'objectif. En photomicrographie son emploi est déconseillé pour les faibles grossissements (objectifs x2 à x10), il doit être utilisé dès que l'objectif a une O.N. supérieure ou égale à 0,3.

L'O.N. du condenseur peut être augmentée par immersion mais, dans ce cas, il est à noter que l'huile utilisée devra être très pure (1).

Les objectifs et les oculaires.

Il faut limiter au maximum la courbure de champ de l'image microscopique. On peut y parvenir en restreignant le champ utile à la seule portion axiale de l'image, ceci par l'utilisation de chambres à long tirage ou par l'emploi de formats photographiques très réduits. Mais, avec le matériel photographique décrit précédemment, on aura recours à des objectifs apochromatiques associés à des oculaires spéciaux qui réduisent cette courbure de champ : les oculaires de projection.

Certains de ces oculaires, type "Homals" de Zeiss et "Ampliplans" de Bausch et Lomb , donnent des images d'une grande planéité mais sont inutilisables pour l'observation visuelle.

Pour les objectifs forts, l'aberration chromatique de grandeur est importante, on y remédie par l'utilisation d'oculaires compensateurs ou bien évidemment par l'emploi d'une source de lumière monochromatique.
En observation visuelle le grossissement maximum, compte tenu du pouvoir séparateur de l'œil, est de l'ordre de 1 000 à 1 300 O.N..

Pour plusieurs raisons et en particulier de part un meilleur contraste, cette observation visuelle sera toujours meilleure que la même image, au même grossissement, obtenue en photographie. Aussi le grossissement maximum d'un document photographique ne devra pas dépasser 2 000 O.N..

L'adaptateur de l'appareil photographique sur le microscope a géné-

(1) Une huile usagée entraînerait une coloration jaunâtre de la préparation, incompatible avec un bon rendu des couleurs.

ralement un tirage de 16 cm, ce qui introduit un rapport de grandissement de 1x. Avec un tel matériel, il nous est possible d'atteindre un grossissement d 1 000x de plusieurs façons [8] :

Objectif	Oculaire	Grandissement photographique	Grossissement final
20	20	2,5	1 000
20	10	5,0	1 000
20	6	8,3	1 000
10	10	10,0	1 000
100	10	1,0	1 000

Le grandissement photographique varie entre 1 et 10. Ceci est très compatible avec l'utilisation de négatifs 24 x 36, à condition d'utiliser des pellicules à grains fins (pellicules de sensibilité 25 à 50 ASA).

Reste alors le choix des oculaires et des objectifs. On aura toujours intérêt à utiliser l'oculaire le plus faible. Mais si la préparation est un peu épaisse ($\geqslant$ à 5 μ par exemple), il serait plus rationnel d'utiliser un objectif faible,offrant une profondeur de champ maximum, en combinaison avec un oculaire plus puissant.

b. L'éclairage [1].

La lumière du jour peut être employée, mais à condition d'utiliser des miroirs métalliques ou des glaces aluminées sur leur face avant ce qui supprime une réflexion parasite existant sur les miroirs normaux. La grande variabilité de cette lumière la rend incontrôlable, d'où l'utilisation de lumières artificielles.

z Les lampes à branchement direct.

Ce sont des ampoules à incandescence de 25 W, leur luminosité est aible et le réglage de Köhler est impossible.

z Les lampes à bas voltage. (6 à 10 volts pour une puissance de 5 à 100 W)

Il existe une forte perte de lumière, due au verre dépoli, qui atténue a structure visible du filament. Un transformateur peut en faire varier la ten-ion, changeant ainsi le flux lumineux et la température de couleur.

z Les lampes tube quartz-iode (12 volts - 100 W)

Elles sont très utiles de par leur forte puissance, leur bon rendu des couleurs et leur relative longévité (250 heures à 10, 5 volts).

z Les lampes à vapeur de mercure.

Utilisées pour la microscopie en fluorescence, le spectre à raies ne permet pas leur utilisation pour la photographie.

z Les brûleurs au xénon sous haute tension.

Ils sont très riches en radiations infra-rouges et ultra-violettes. On es utilise donc avec des filtres anticaloriques et des filtres gris neutre pour régler l'intensité. Ils sont utilisables pour tous les usages, mais d'un prix de evient élevé.

z Les lampes éclairs électroniques.

Elles permettent de fixer le mouvement d'organismes vivants. On tilise en général des torches de 100 à 150 W/seconde.

Il existe des bases de microscope avec dispositifs illuminateurs in-orporés, permettant l'emploi alterné ou simultané des différentes sources ue nous venons de décrire. Ces associations permettent une manipulation lus simple du matériel.

Lumière du jour	environ 5 500° K
Lampe à arc	environ 5 500° K
Lampe au xénon	environ 5 200° K
Flash à ampoule bleue	5 500° – 6 000° K
Flash électronique	environ 6 000° K
Flash à vide	environ 3 700° K
Lampe à bas voltage	environ 3 200° K

Températures de couleur des différentes sources lumineuses utilisées en microscopie

Tous ces types d'éclairage ne permettent qu'une utilisation classique du microscope, c'est-à-dire en réalisant un éclairage par transparence. Mais il peut être utile de réaliser un éclairage par réflexion.

On emploie des objectifs de grossissement faible ou moyen, la platine est éclairée par un ou deux faisceaux ponctuels faisant un angle de 20 à 40°. La faible distance frontale des objectifs ne nous permet pas des angles d'incidence plus grands ; on peut alors utiliser des objectifs spéciaux (type luminar micro-summar, mikrotar....). Ces objectifs sont de véritables objectifs photographiques se vissant directement sur le microscope. Il peuvent servir en microscopie par transparence ou par réflexion. Leur emploi est limité par leur faible grossissement (x 12).

Pour de forts grossissements, une seule méthode est possible : l'épimicroscopie. Il s'agit de l'utilisation d'objectifs auto-éclairants. L'illumination de l'objet a lieu à partir d'une série d'évidements réalisée dans la monture de l'objectif lui-même. Ces objectifs sont indispensables à l'industrie des semi-conducteurs par exemple, mais leurs applications dans le domaine médical sont peu connues.

2°- Réalisation pratique de la photomicrographie [1, 8].

a. L'adaptation de l'appareil photographique.

La méthode la plus simple consiste à utiliser un appareil mis au point sur l'infini. Cet appareil est monté sur un microscope, de telle sorte que les axes optiques de l'appareil photo et du microscope soient dans leur prolongement exact. La lentille frontale de l'objectif doit être aussi proche que possible de la lentille extérieure de l'oculaire du microscope. Il suffit ensuite de resserrer un manchon étanche à la lumière, autour de l'objectif de l'appareil photographique, pour éviter l'introduction de lumières parasites.

La méthode la plus courante, et qui constitue une excellente solution, consiste à l'adaptation du boîtier (dépourvu de son objectif) sur le tube du

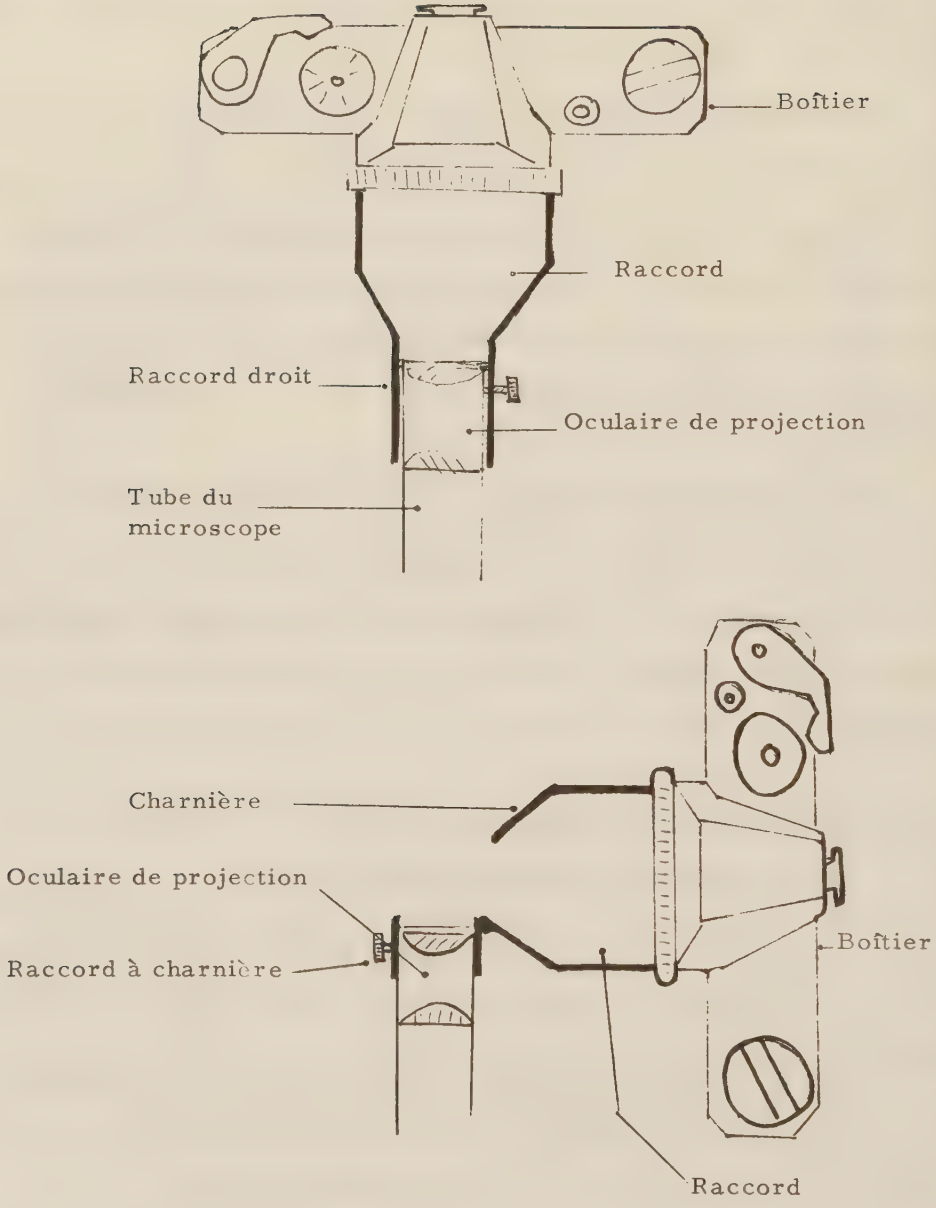


Fig. n° 14 : Raccord du boîtier sur le microscope.

microscope. On utilise à cet effet un raccord emboîtant à charnière (ou droit), après avoir remplacé l'oculaire normal du microscope par un oculaire à projection (voir fig. n°14).

La détermination du temps de pose est réalisée simplement, grâce au système TTL du boîtier, ou par étalonnage si la cellule n'est pas assez sensible.

b. Réglage de l'éclairage [8].

De bons clichés ne pourront cependant être obtenus, que si on réalise un éclairage uniforme du champ observé. Seul l'éclairage uniforme intégral, ou éclairage de Köhler (1), satisfait à cette exigence. Dans la pratique nous le réaliserons comme suit (voir fig. n°15).

Il faut amener l'image du diaphragme de champ dans le plan de la préparation et l'image du filament de l'ampoule dans le plan focal du condenseur.

1/ Réaliser l'éclairage approximatif, en plaçant la région antérieure de la lampe à 20 cm du miroir.

2/ Faire la mise au point de la préparation.

3/ Ouvrir le diaphragme d'ouverture (condenseur).

4/ Fermer, presque complètement le diaphragme de champ (lampe).

5/ Observer la préparation, sans modifier la mise au point, et amener, par déplacement vertical du condenseur, l'image du diaphragme de champ dans le plan de la préparation. Centrer parfaitement cette image en déplaçant le miroir éventuellement.

6/ Ouvrir le diaphragme de champ.

7/ Fermer complètement le diaphragme d'ouverture.

8/ Mettre au point l'image du filament sur le diaphragme d'ouverture, par déplacement de l'ampoule ou du collecteur (en regardant le diaphragme d'ouverture dans le miroir).

9/ Ouvrir complètement le diaphragme d'ouverture.

(1) Cet éclairage n'est valable que pour un objectif déterminé.

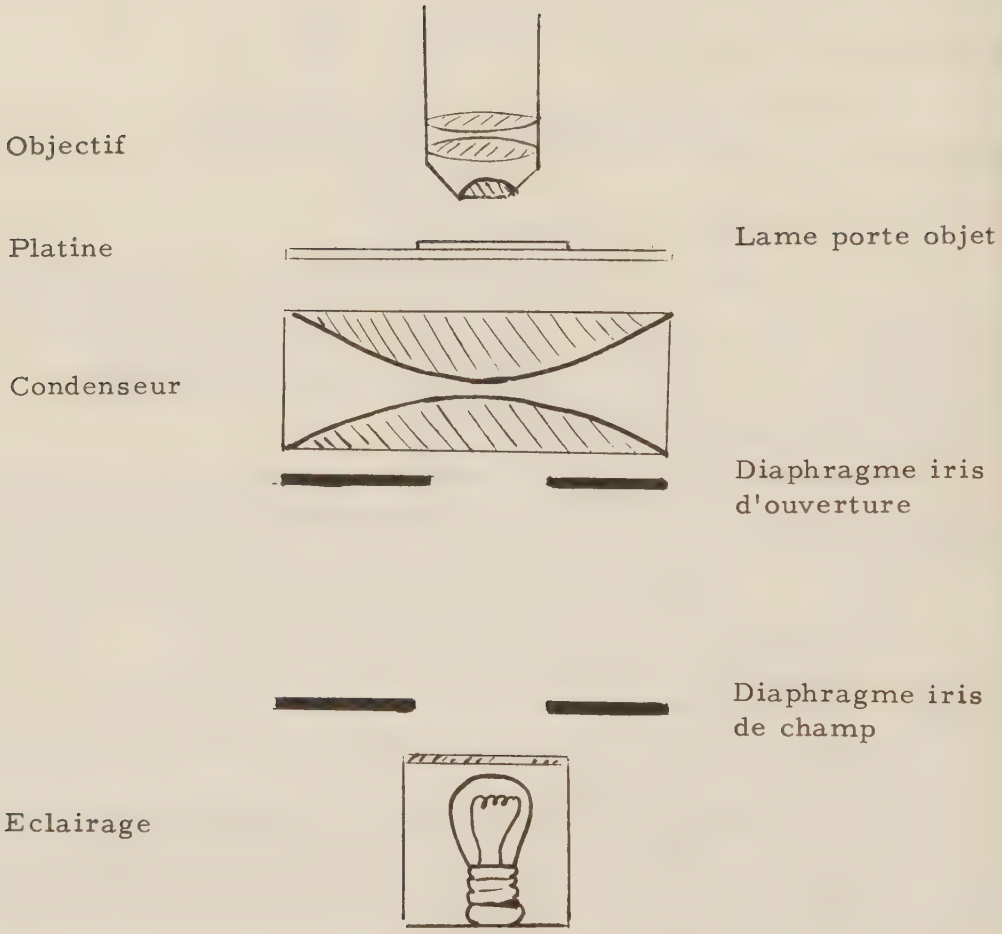


Fig. n° 15 : Disposition schématique des diaphragmes de champ et d'ouverture (d'après TOROSSIAN)

10/ En observant la préparation, fermer le diaphragme de champ de façon que son image coïncide exactement avec le champ observé dans le microscope.

11/ Fermer le diaphragme d'ouverture,, suivant le contraste désiré (le meilleur résultat est obtenu en enlevant l'oculaire et en fermant le diaphragme d'ouverture de telle sorte que la 1/2 ou les 2/3 du champ, vus dans le tube, soient éclairés).

12/ Replacer l'oculaire et observer. Si la luminosité est trop intense, placer un dépoli ou des écrans neutres sur la lampe, ou agir sur le transformateur.

c. La préparation.

Elle doit être la plus fine possible. Les objectifs sont calculés pour une lamelle de 0,17 mm, il faut en tenir compte. Si le milieu de préparation est épais et se solidifie, mettre un poids sur la lamelle durant cette solidification ou utiliser une lamelle plus mince.

Certains objectifs disposent d'une monture à correction. Il suffit alors de tourner plus ou moins cette monture pour avoir une définition parfaite.

3°- Techniques complémentaires.

Pour la réalisation de bons clichés, nous avons déjà parlé de l'utilisation avantageuse des filtres et de la lumière monochromatique, surtout quand la préparation manque de contraste et de définition. On peut cependant utiliser avec profit les autres méthodes de microscopie, notamment :

- la microscopie en ultra-violet [6] : la mise au point est réalisée par prise de vue oblique et essais successifs ;
- la microscopie à contraste de phase ;
- la microscopie sur fond noir et une variante très intéressante : l'illumination colorée différentielle de Rheinberg [1].

Dans ce but, le microscope est réglé suivant la méthode de Köhler, précédemment décrite, avec le diaphragme d'ouverture grand ouvert.

Pour l'illumination sur fond noir, il suffit d'interposer un disque opâque, de diamètre tel que les rayons centraux soient supprimés. Le diaphragme d'ouverture étant ouvert, un cône de lumière illumine la préparation. Si la pastille centrale est trop petite, le champ n'est pas parfaitement noir, le diamètre de cette pastille est donc critique (il dépend de l'ouverture numérique du condenseur et de l'objectif).

L'illumination de Rheinberg est une extension de cette technique. La pastille centrale opâque est remplacée par une pastille de couleur qui donnera sa couleur au fond de la préparation. La zone périphérique est un anneau d'une ou plusieurs couleurs différentes, qui donneront leurs couleurs au sujet. Les rayons de la pastille centrale sont directement transmis, alors que ceux de la zone périphérique sont diffractés, il faut donc le plus souvent atténuer le faisceau central (voir fig. n°16)

Par cette méthode, les faibles détails d'un sujet monochrome apparaissent sous la forme d'un contraste éclatant de couleurs, ce qui rend la mesure du temps d'exposition assez difficile. A cette fin, un film test doit être réalisé chaque fois que les conditions sont très différentes.

On doit tenir compte :

- d'une part de la sensibilité de la cellule : celle-ci ne réagit pas de la même manière aux différentes longueurs d'onde. Quel qu'en soit le type, la réponse est généralement faible dans le rouge et le bleu, forte dans le vert ;
- d'autre part des grandes différences de luminosité et de couleur.

La bande d'essai, par exemple, doit comporter du jaune dans une lumière rouge et du bleu-foncé dans du vert foncé. Les meilleurs résultats auront lieu avec les mesures qui, entre les valeurs claires et les valeurs sombres, donnent une différence inférieure à deux diaphragmes.

Notons que cette technique n'a d'applications qu'à travers la photographie. Elle sera très utile au chercheur pour l'illustration de ses travaux.

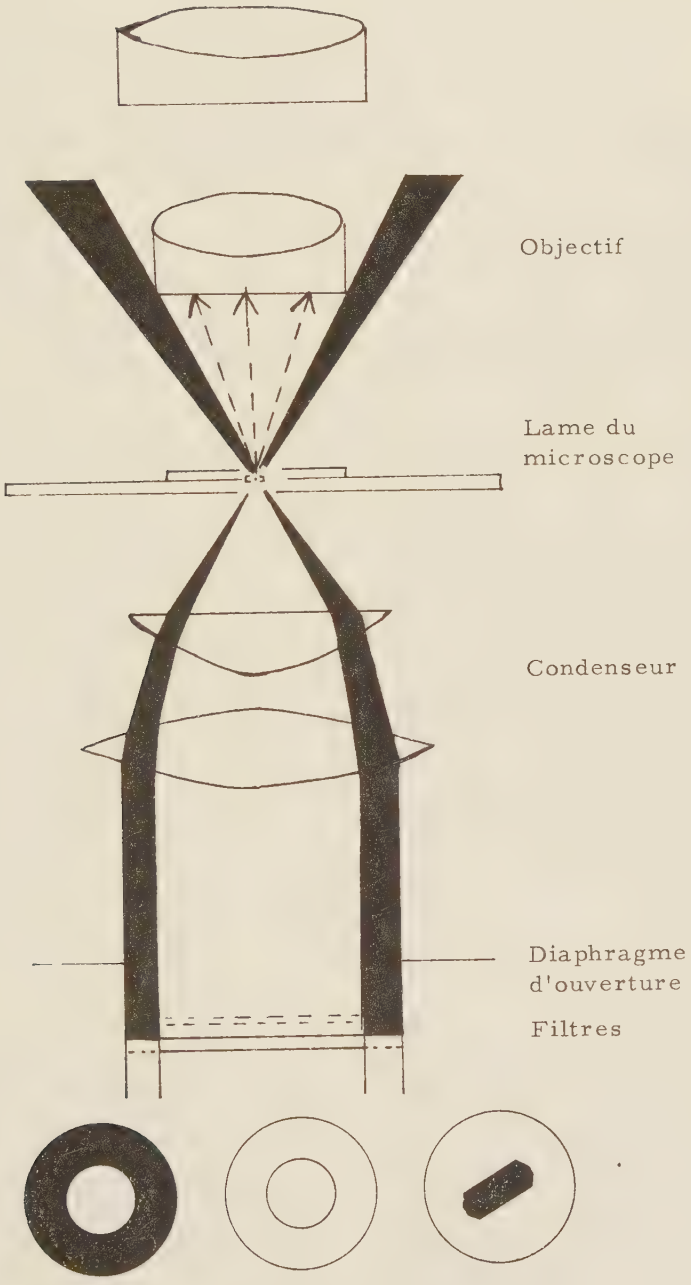


Fig. n°16 : Illumination différentielle de Rheinberg

Troisième partie

EXEMPLES D'APPLICATIONS

EN MEDECINE VETERINAIRE

-:-:-:-

PLANCHE I

Photo n° 1 : Animal placé.

Bon cliché. Cette photo, prise au téléobjectif, respecte les proportions de l'animal. L'absence d'ombres et le fond uniforme mettent en valeur sa morphologie.

Photo n° 2 : Animal placé.

Mauvais cliché. Le fond trop près de l'animal, renvoie les ombres masquant la morphologie de la moitié du corps. De plus, l'ombre du palefrenier détourne l'attention de l'observateur.

Photo n° 3 : Propédeutique - Examen de l'œil du chien.

Bon cliché. Une lumière diffuse (ciel nuageux) évite la formation d'ombres génantes, mais donne une luminosité faible. La profondeur de champ limitée qui en résulte a été mise à profit pour ne faire ressortir que l'essentiel du sujet.

Photo n° 4 : Propédeutique - Percussion pulmonaire du cheval.

Mauvais cliché. Cliché réalisé en plein soleil, donnant des ombres génantes.

Photo n° 5 : Rein atrophié.

Bon cliché. Absence d'ombres, bonne optique, fond uniforme et cadrage correct.

Photo n° 6 : Médiastinome.

Mauvaise photo : - l'utilisation d'un objectif grand angulaire déforme la cage thoracique. De plus, l'angle de prise de vue très latéral accroît cette déformation ;

- mauvais cadrage, laissant apparaître les bords du plateau et des éléments extérieurs inutiles ;

- mauvaise exposition. Le choix du fond blanc a certainement contribué à cette erreur.

PLANCHE I

Photo n° 1

Photo n° 2

Photo n° 3

Photo n° 4

Photo n° 5

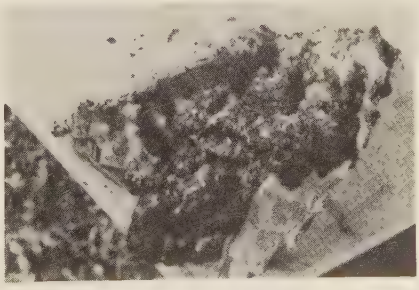


Photo n° 6

PLANCHE II

Photo n° 1 : Coupe topographique de bovin. Côté droit.

Cette photo est prise avec un objectif normal. L'utilisation du flash nou donne un premier plan surexposé et crée des ombres très gènantes pou la compréhension du sujet. Ceci aurait pu être évité par l'emploi simul tané de plusieurs sources de lumière d'incidences différentes et par l'a sociation de réflecteur

Photo n° 2 : Gouttière œsophagienne de ruminants.

Ce cliché est bien cadré. La lumière frontale ne donne aucune ombre gènante mais ne rend pas compte du relief du réseau.

Photo n° 3 : Rumen et réseau.

Le contraste ombre-lumière accentue le relief (contrairement au cliché précédent), mais la structure propre de chaque région est moins visibl

Photo n° 4 : Arborisation bronchique et vasculaire.

Bon cliché. Le fond uniforme noir fait bien ressortir le sujet.

Photo n° 5 : Même sujet, mais le fond trop rapproché réfléchit la lumière (coin gauche) et crée des ombres importantes qui masquent le sujet (coin supérieur droit).
Il est à noter que la profondeur de champ est ici moindre du fait d'une distance de travail beaucoup plus faible.

PLANCHE II

Photo n° 1

Photo n° 2

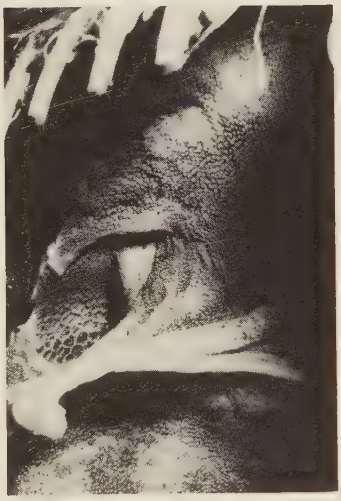


Photo n° 3

Photo n° 4

Photo n° 5

PLANCHE III

Photo n° 1 : Cœur de cheval.

A travers ce cliché, pourtant expressif, on pourra reprocher à l'opérateur l'utilisation d'un objectif de courte focale, qui donne des proportions trop importantes aux cavités cardiaque et vasculaire. Les ombres renforcent encore ce phénomène.

Photo n° 2 : Cœur de lapin.

En vue de comparaison avec le cliché n° 1, l'opérateur, afin de conserver les proportions a été obligé d'utiliser un objectif de plus grande focale permettant un grossissement plus important.
Il s'en suit une profondeur de champ beaucoup plus limitée et de surcroît non maitrisée (erreur de mise au point).
De plus, la présence des instruments, leur reflet ainsi que le mauvais choix du fond, contribuent à la mauvaise qualité du cliché.

Photo n° 3 : Fœtus après injection intravasculaire de substance colorée.

A noter sur ce cliché : - un mauvais cadrage du sujet ;
- l'utilisation du flash dont l'éclair est renvoyé non seulement par le fond de la boîte de Pétri, mais aussi par le corps du fœtus. Cet inconvénient aurait pu être évité par l'utilisation de la technique à immersion ;
- la mise en évidence de la vascularisation (but de ce cliché) n'est effective qu'au niveau des membres.
Pour obtenir le même effet au niveau du corps plus épais, un éclairage par transparence aurait été nécessaire.

Photo n° 1

Photo n° 2

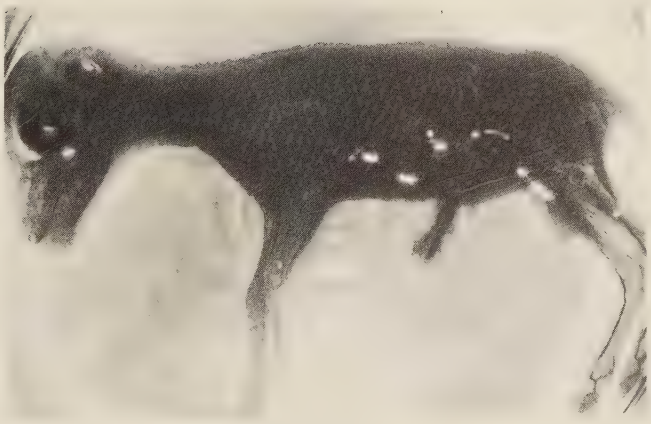


Photo n° 3

PLANCHE IV

Cette planche tend à montrer le rôle que jouent les filtres en photomicrographie noir et blanc.

Sur cette coupe d'intestin grêle, la frange formée par les villosités intestinales présentait une gamme de couleurs très variée. Elle est transposée ici dans une série de teintes variant du blanc au noir.

La mise en valeur d'un détail déterminé dépendra du filtre utilisé. Il faudra choisir ce dernier en conséquence.

Photo n° 1 : Ce cliché a été réalisé sans adjonction de filtre.

Photo n° 2 : Même cliché - filtre jaune-orangé Wratten 21, coef. 2x.

Pris dans les mêmes conditions, ce cliché a demandé un temps d'exposition double du précédent compte tenu du coefficient propre du filtre.
Il présente peu de différences d'avec l'original :

- le liseré blanc est moins épais, la dernière bande grise étant assez éclaircie ;
- le contraste est légèrement augmenté.

Photo n° 3 : Même cliché - filtre vert Wratten 58, coef. 4x.

Le temps de pose a été multiplié par 4.
Le cliché est totalement différent de l'original : les bandes grises juxtaposant les blanches sur le cliché initial se sont éclaircies, donnant une frange, beaucoup plus claire.
Il est à noter que le filtre vert utilisé ici est vert-foncé, comme le laisse à penser son coefficient important. L'utilisation du filtre vert clair, préconisé pour toute photomicrographie, n'aurait bien entendu pas engendré ces modifications.

Photo n° 4 : Même cliché - filtre rouge sombre, coef. 8x.

Ce filtre étant d'une couleur complémentaire à celui utilisé pour le cliché n°3, nous avons une variation totale dans la coloration de la frange.
Comme sur un positif, un filtre éclaircit sa couleur et assombrit sa couleur complémentaire.
Ceci nous laisse à penser, aux vues des deux derniers clichés, que les bandes externes sont dans les tons verts et la bande la plus interne dans les tons rouges.

PLANCHE IV

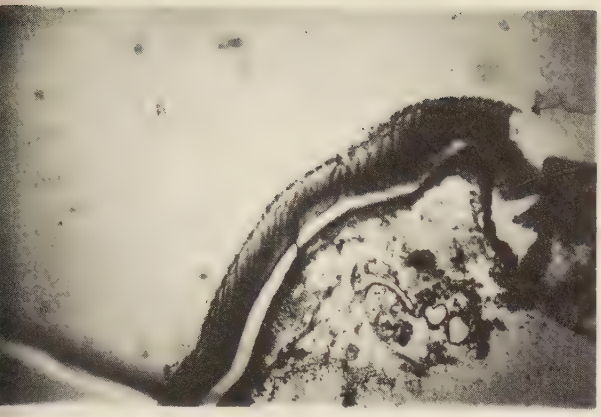


Photo n° 1 : sans filtre

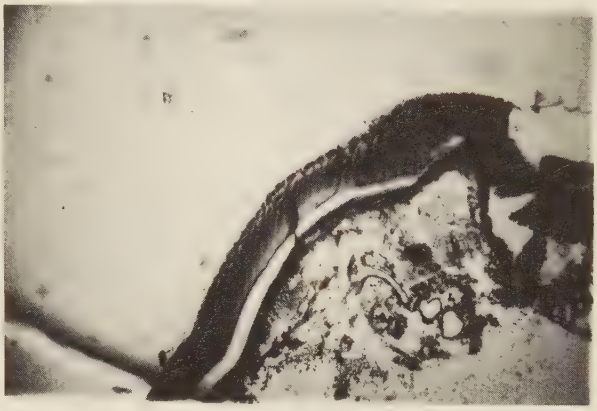


Photo n° 2 : filtre jaune
Wratten 21 - coef. 2x

Photo n° 3 : filtre vert
Wratten 58 - coef. 4x

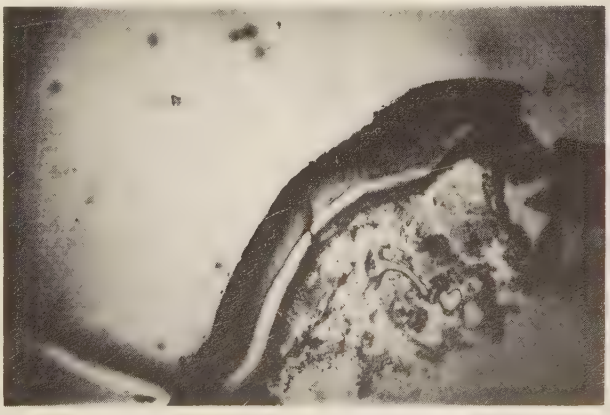


Photo n° 4 : filtre rouge sombre
Wratten 22 - coef. 8x

VU : le Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire
rapporteur

P. CABANIE

Vu : Le Directeur de l'Ecole
Vétérinaire

Professeur R. LAUTIE

Vu : Le Président de la Thèse

Professeur BESSOU

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le 26-3-1980
P/ LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE
PAUL SABATIER, et par délégation
LE VICE-PRESIDENT

Professeur L. LARRENG

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages généraux :

[1] BETTON (G.) - Photomicrographie. Publication Photo-revue, Paris 1975.

[2] BOUCOMONT (D.) - Application de la photographie à l'enseignement et à la recherche anatomique. Thèse Méd. Vét., Alfort 1965.

[3] BURGALAT (J.) - Intérêt de la photographie en odonto-stomatologie. Thèse Chir. Dent., Bordeaux 1974.

[4] DE VAUCOULEURS (G.), DRAGESCO (J.) & SELME (P.) - Manuel de photographie scientifique. Revue d'Optique éd., Paris 1956.

[5] DURAND - Photo-ciné-macrographie. Montel Ed., Paris 1977.

[6] PIZON (P.) - Photomacrographie et photomicrographie. La Revue d'Optique éd., Paris 1949.

[7] ROGER (G.H.) - La photographie scientifique. Application à l'enseignement. Thèse Méd. Vét., Lyon 1958.

[8] TOROSSIAN (C.) - Photographie scientifique technique et médicale. Cours magistral et polycopié, 3e trimestre 1977.

Articles :

[I] DELLY (J.G.) - Rheinberg differencital color illumination in biomedical photomicrography. Biomedical photography. A Kodak seminar in print, Rochester : Eastman Kodak Company, 1976.

[II] FRITTS (D.H.) - Basic veterinary field and clinical photography. Biomedical photography. A Kodak seminar in print, Rochester Eastman Kodak Company, 1976.

[III] HURTGEN (T. P.) - Understanding photographic parametres guide to film selection and use. Biomedical photography. A Kodak seminar in print, Rochester Eastman Kodak Company, 1976.

ICONOGRAPHIE

Planche I :

Photo 1 et photo 2 : document ERA/MANACH, avec l'aimable autorisation du CEREOPA.

Photo 3 et photo 4 : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Service de Médecine.

Photo 5 et photo 6 : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Service d'Anatomie pathologique.

Planche II : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Service d'Anatomie.

Planche III : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Service d'Anatomie.

Planche IV : Travaux pratiques - U. V. de Photographie Scientifique. Université des Sciences Paul Sabatier.

-:-:-:-:-:-